

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Návrh montážního přípravku pro montáž  
projektorové jednotky**

**Jig design for mounting of the projector unit**

Student:

Bc. Karel Janečka

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

OSTRAVA 2018

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Karel Janečka**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh přípravku pro montáž projektorové jednotky**  
**Jig Design for Mounting of the Projector Unit**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Technologický postup výroby světlometu.
2. Porovnání možných variant řešení montáže projektorové jednotky.
3. Konstrukční návrh přípravku pro montáž projektorové jednotky.
4. Zpracování výkresové dokumentace navržené varianty přípravku.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navržené varianty.

### Seznam doporučené odborné literatury:

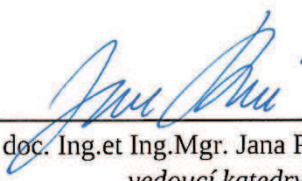
MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. 3. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015, 184 s. ISBN 978-80-248-3776-5.  
CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.  
ŘASA, J. Upínací technika pro průmysl 4.0. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2016, s. 56-57. ISSN 1212-2572.  
KADERKA, J. Moderní metody upínání. *MM Průmyslové spektrum*, 9/2015, s. 98. ISSN 1212-2572.  
SEMERARO, G., GÖTZ, T. Mit Vorprägen im Vorteil. *Werkstatt und Betrieb*, 4/2015, s. 68-70. ISBN 0043-2792.  
DRECHSEL, T. Spanntechnik für eine agile Produktion. *VDI-Z 157* (2015), Nr. 12, s. 44-45. ISSN 0042-1766.  
NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry




  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 15.5.2018 .....

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2018



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Karel Janečka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Rybí 350, 742 65 Rybí



## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval panu prof. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za trpělivost, připomínky a odborné vedení při psaní této diplomové práce.

Děkuji také panu Lukáši Kosteckovi ze společnosti FESTO za pomoc a rady při volbě pneumatických pohonů a za spolupráci při sestavování schématu pneumatického zapojení.

Bc. Martinu Vaškovi děkuji za neocenitelnou pomoc při sběru informací. Za konzultaci, poznatky a vytrvalou podporu při studiu děkuji také Ing. Lucii Slováčkové a Ing. Lukáši Horákovi.

## **Anotace diplomové práce**

JANEČKA, K. *Návrh montážního přípravku pro montáž projektorové jednotky: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 61 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Diplomová práce se zabývá návrhem montážního přípravku pro projektorovou jednotku jako součást existujícího montážního stanoviště. Cílem práce je návrh přípravku, vyhotovení výkresové dokumentace, technické a ekonomické zhodnocení návrhu. Výsledkem budou podklady pro výrobu přípravku. Výkresová dokumentace je v příloze diplomové práce.

## **Annotation of master thesis**

JANEČKA, K. *Jig design for mounting of the projector unit: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 61 p. Thesis head: Mrkvica, I.

The diploma thesis deals with the design of the mounting device for the projector unit as part of the existing assembly station. The aim of the thesis is to design the jig, draw up the drawing documentation, technical and economic evaluation of the design. The result will be the basis for the preparation of the jig. Drawing documentation is in the enclosure of the master thesis.

## Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod-cíle diplomové práce .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Výrobní postup světlometu .....</b>	<b>10</b>
1.1 <i>Stručný popis světlometu.....</i>	<i>10</i>
1.2 <i>Montáž světlometu.....</i>	<i>10</i>
1.3 <i>Montážní postup světlometu Ford Focus .....</i>	<i>13</i>
1.4 <i>Operace OP001.3.....</i>	<i>15</i>
<b>2 Montážní pracoviště – popis a rozložení hlavních částí.....</b>	<b>18</b>
2.1 <i>Montážní stanoviště.....</i>	<i>18</i>
2.2 <i>Zakládací a montážní přípravek.....</i>	<i>19</i>
<b>3 Porovnání možných variant řešení .....</b>	<b>21</b>
3.1 <i>Varianta s ručním zatlačováním s použitím nových SIBSů.....</i>	<i>21</i>
3.2 <i>Varianta s jedním vertikálně pohyblivým pístem .....</i>	<i>23</i>
3.3 <i>Varianta s rotačním a vertikálním pohybem .....</i>	<i>25</i>
3.4 <i>Varianta s vertikálním a horizontálním pístem.....</i>	<i>26</i>
<b>4 Konstrukční návrh přípravku pro montáž projektorové jednotky.....</b>	<b>27</b>
4.1 <i>Konstrukční požadavky.....</i>	<i>27</i>
4.2 <i>Konstrukční úprava rámečku projektoru.....</i>	<i>30</i>
4.3 <i>Konstrukční návrh zatlačovacích trnů .....</i>	<i>34</i>
4.4 <i>Návrh posuvových jednotek.....</i>	<i>37</i>
4.5 <i>Návrh nosné konstrukce .....</i>	<i>39</i>
4.6 <i>Kinematická kontrola funkčnosti.....</i>	<i>48</i>
<b>5 Zpracování výkresové dokumentace navržené varianty přípravku .....</b>	<b>51</b>
<b>6 Technicko-ekonomické zhodnocení navržené varianty .....</b>	<b>52</b>
6.1 <i>Technické zhodnocení.....</i>	<i>52</i>
6.2 <i>Ekonomické zhodnocení.....</i>	<i>56</i>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>57</b>
<b>8 Seznam použité literatury.....</b>	<b>58</b>
<b>9 Seznam obrázků.....</b>	<b>59</b>
<b>10 Seznam příloh .....</b>	<b>61</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
DRL	Daytime Running Light
LDM	LED Drive Modul
LED	Light Emitting Diode
LIN	Local Interconnect Network
RH	Right Hand
SB	Static Bending
SIBS	Snap In Ball Socket
SIBS HP	Snap In Ball Socket High Performance
TI	Turn Indicator
VLS	Varroc Lighting Systems

F	[N]	síla
M	[Nm]	moment síly
$\sigma$	[MPa]	napětí
W	[cm <sup>3</sup> ]	modul průřezu
t	[s]	čas

## Úvod-cíle diplomové práce

Diplomová práce se zabývá problematikou montáží světelné techniky, je v ní zpracován návrh přípravku pro montáž podskupiny projektorové jednotky do předního světlometu na proudové montážní lince. Návrh zhodnocuje různé varianty řešení z hlediska finančních nákladů a technologičnosti přípravku. V práci je navrženo řešení montáže projektoru pomocí mechanismu, který je poháněn pneumatickými píсты a je napojen na centrální rozvod stlačeného vzduchu ve výrobní hale.

Cílem této diplomové práce je navrhnout a na základě výpočtů a CAD simulací ověřit správnost návrhu přípravku. Jako součást návrhu jsou zpracovány výrobní výkresy všech vyráběných dílů a sestavní výkres, kde jsou uvedeny katalogová čísla nakupovaných dílů a normy normalizovaných součástí. Přiloženo je rovněž schéma zapojení pneumatických součástí systému. Dalším dílčím cílem je návrh nového montážního postupu dané operace, ekonomické a technologické zhodnocení návrhu.

Práce je vypracována ve spolupráci s Varroc Lighting Systems s.r.o. (VLS). VLS je výrobce světelné techniky pro globální automobilový trh. Své výrobky realizuje od prvotního vývoje, designu, přes konstrukci lamp, jejich výrobu, která probíhá v několika výrobních závodech po celém světě, až po dodávání finálních lamp a servisních dílů. To vše na míru mnoha zákazníků jako Ford, Jaguar, Land-Rover, Peugeot a dalších. Společnost je držitelem mnoha ocenění a certifikátů jako ISO 14001 nebo OHSAS 18001 [1].

Přední světlomety nejsou v dnešní době již jen součástí automobilu osvětlující vozovku před vozidlem, ale jsou část celého designu auta, který dokreslují. VLS ve svých výrobcích snoubí jak funkčnost, bezpečnost, tak i design splňující náročné požadavky designových studií. VLS využívá celé spektrum moderních technologií osvětlení od klasických halogenových žárovek, přes xenonové výbojky, až po LED technologie a LASER.

# 1 Výrobní postup světlometu

## 1.1 Stručný popis světlometu

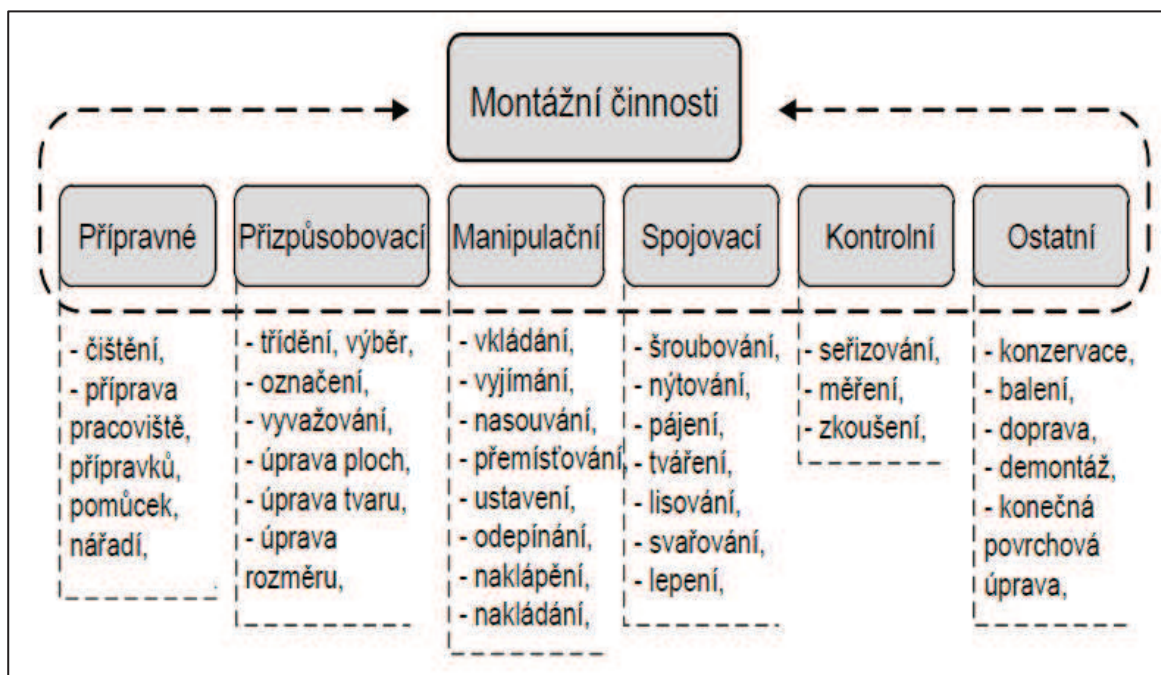
V této práci je navržena úprava výrobní linky pro montáž světlometu Ford Focus. Tento je vyráběn ve čtyřech verzích. Low-Low je klasická verze s dálkovou i potkávací funkcí, řešená pomocí halogenových žárovek, Low verze přidává funkci pro denní svícení (DRL – Daytime Running Light), která je plněna halogenovou žárovkou. Mid verze má stále halogenové potkávací a dálkové funkce, avšak DRL funkce je již řešena pomocí LED zdroje. High verze (obr. 1.1) má projektorovou jednotku s xenonovou výbojkou a multifunkční clonou, která upravuje ořez světla podle okolí, kudy vůz projíždí, funkci přisvětlování do zatáček nebo DRL funkci taktéž plněnou pomocí LED.



*Obr. 1.1 Světlomet Ford Focus nejvyšší high verze [9]*

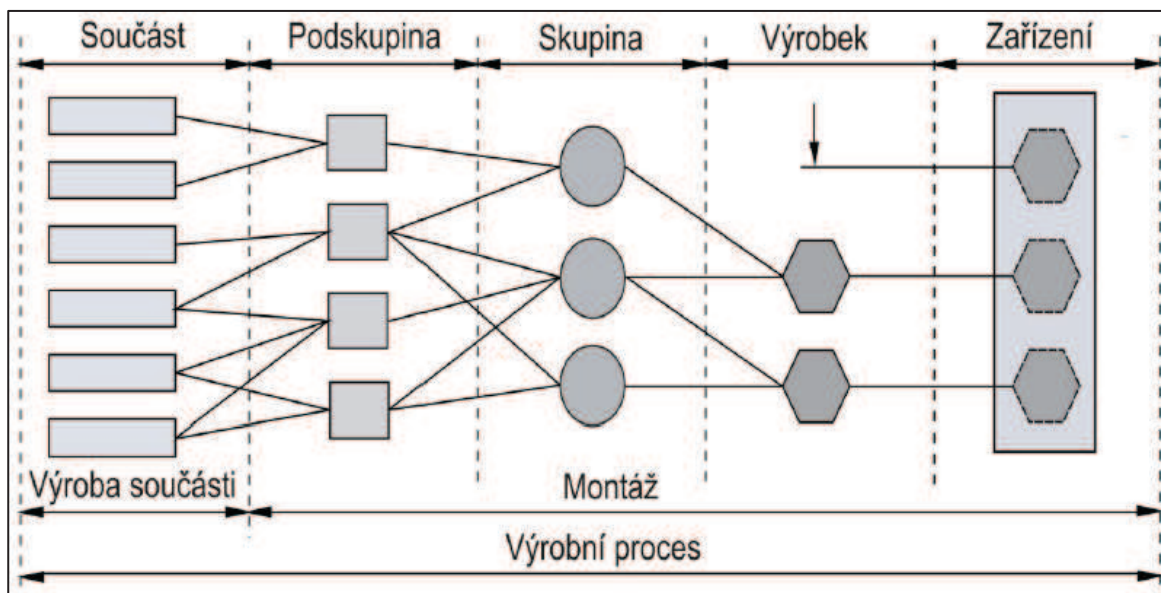
## 1.2 Montáž světlometu

Během procesu montáže světlometu je vykonáváno mnoho montážních činností. Montážními činnostmi jsou jednotlivé úkony, které jsou vykonávány při montáži (např. čištění, ustavování, šroubování, seřizování, měření, balení, expedice aj.). Tyto činnosti jsou rozdělitelné do šesti základních skupin (viz obr. 1.2) [2].



Obr. 1.2 Rozdělení montážních činností [2]

Montáž složitějších strojírenských výrobků se dělí do montážních prvků. To jsou skupiny, podskupiny a části strojů, které lze montovat samostatně a nezávisle na ostatních částech výrobku. Na obrázku 1.3 je znázorněno schéma, které vyobrazuje výrobní proces strojírenského zařízení a jeho rozpad do jednotlivých fází procesu, až po základní montážní prvky [2].



Obr. 1.3 Schéma montážních prvků zařízení [2]



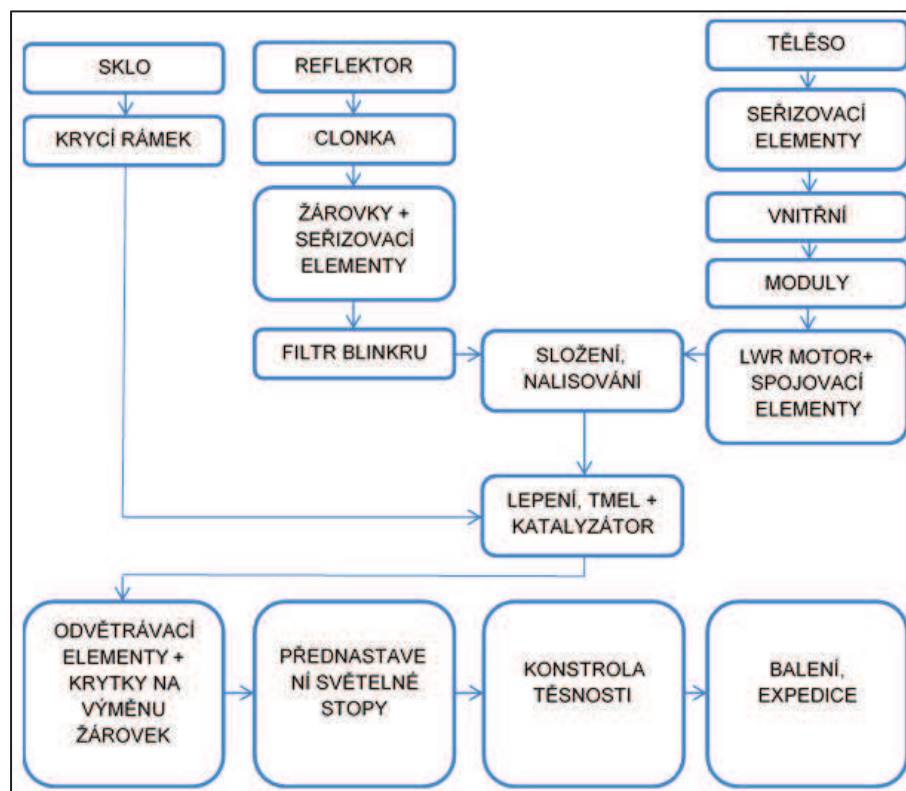
Mezi základní prvky montážního procesu patří:

- **Součást** – část výrobku vyrobená z jednoho kusu, která je nerozebíratelná,
- **díl** – vzniká spojením dvou nebo více součástí, jedná se o primární montážní prvek,
- **podskupina (podsestava)** – montážní jednotka vzniklá spojením dvou nebo více dílů. Podskupiny jsou vícero řádů, podskupiny I. řádu jsou montovány napřímo do skupin, podskupiny II. řádu jsou montované do podskupin I. řádu a podobně,
- **skupina (sestava)** - montážní prvek, který vznikne sestavením podskupin a součástí,
- **výrobek** – výsledný produkt montáže, je funkčně a konstrukčně uzavřený,
- **zařízení** – soubor strojírenských výrobků.

U složitějších výrobků a zařízení se pro zobrazení posloupnosti montáže sestavuje technologické schéma, ve kterém je znázorněn postup montáže od jednotlivých dílů, podskupin, až po konečné zařízení [2].

Světloomet je složitý výrobek, který se skládá z mnoha součástí a dílů. Hlavní díl, za který je světloomet přichycen dále do automobilu, je pouzdro, které spojením s krycím sklem vymezuje prostor světloometu, kde jsou umístěny vnitřní součásti, které plní hlavní funkce. Vnitřní součásti jsou moduly s řídicí elektronikou, čočky, reflektory, seřizovací elementy, elektrické vodiče případně elektromagnetické součásti.

Vnitřní díly jsou do pouzdra světloometu upevněny pomocí klipů, šroubů, lepidel nebo roztavením plastových pinů. Tyto spoje jsou prováděny na montážních linkách manuálně nebo automaticky. Elektronické části světloometu jsou propojeny pomocí vodičů s konektory, ty jsou svázány do kabelového svazku, který je pomocí hlavního konektoru propojen s elektrickými rozvody automobilu. Obecné schéma montáže světlometů je znázorněno na obrázku 1.4.

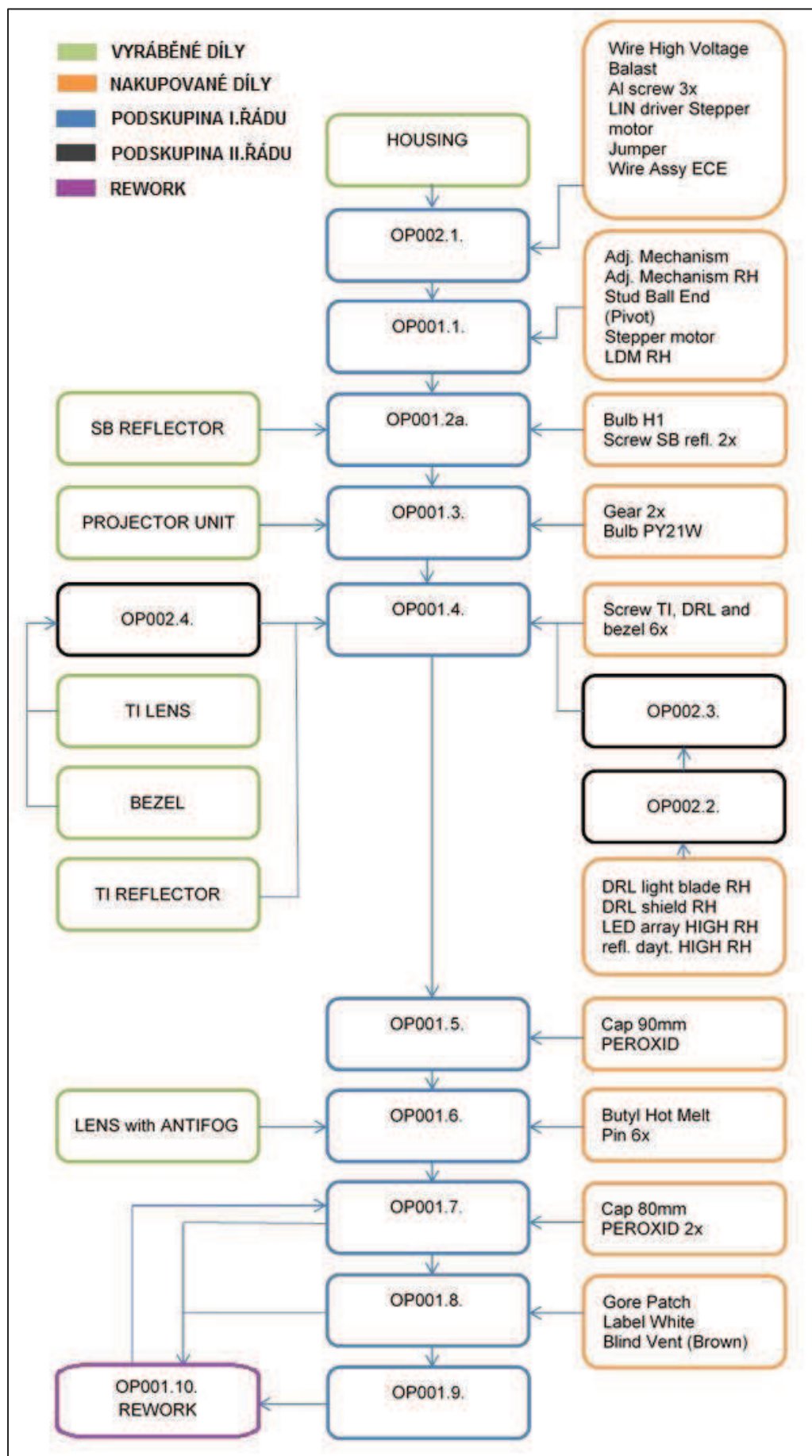


Obr. 1.4 Diagramy výroby světlometu [3]

### 1.3 Montážní postup světlometu Ford Focus

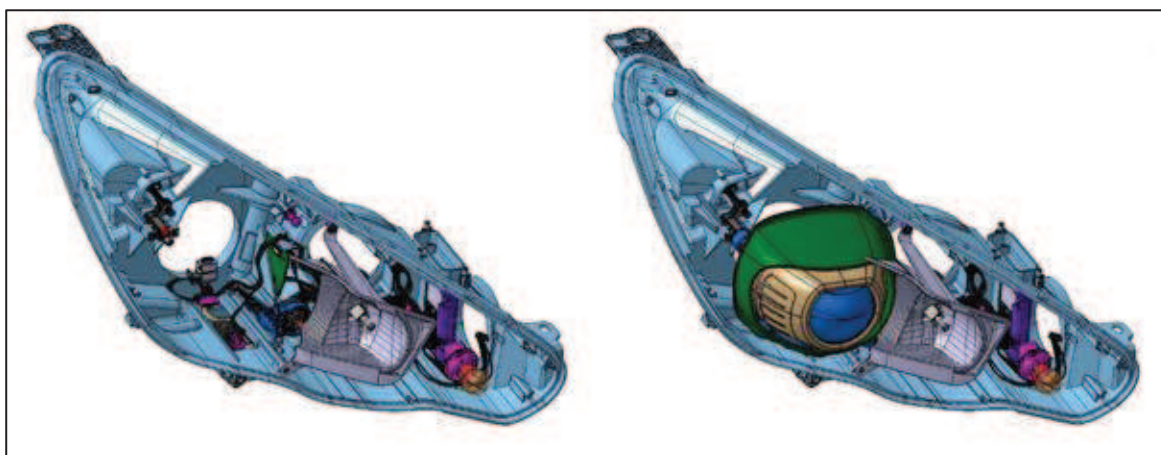
Pro montáž světlometu Ford Focus je linka rozdělena do několika automatických a poloautomatických pracovišť, konkrétně pak pracoviště přišroubování masky do pouzdra, pracoviště lepení krycího skla, pracoviště seřízení světelné stopy a pracoviště finální kontroly a balení. Tato linka je univerzální pro všechny čtyři vyráběné varianty světlometu, proto na stejných pracovištích nejsou vykonávány přesně ty samé výrobní operace. Zároveň musí tato linka splňovat určitý stupeň univerzálnosti tak, aby byla zaměnitelná montáž možná.

Montážní postup nejvyšší verze od pouzdra po finální výrobek je znázorněn na obrázku 1.5, kde je rovněž rozlišeno, zda se jedná o díly ve firmě vyráběné nebo o díly nakupované. Projektorová jednotka, jejíž montáž do světlometu je v této práci řešena, je vyráběná podsestava, která je na montážní linku světlometu samotného přiváжена z jiné části haly, kde je kompletována z nakupovaných dílů.



Obr. 1.5 Montážní postup světlometu Focus pravá strana [14]

## 1.4 Operace OP001.3



Obr. 1.6 Operace OP001.3.

Projektorová jednotka je montována do podsestavy pouzdra v operaci OP001.3. spolu s pastorky seřizovacích mechanismů a žárovkou PY21W. Na obrázku 1.6 je stav sestavy před a po operaci.

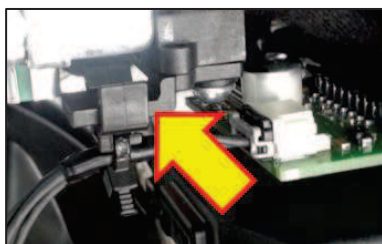
### Pracovní postup:

1. Dva pastorky seřizovacího mechanismu jsou nasazeny na lisovací čepy v přípravku. Přítomnost pastorků kontrolují čidla.
2. Podskupina pouzdra s již, v předchozích operacích, zamontovanými díly, je zasazena do přípravku a po stisku tlačítka start je pouzdro zajištěno pomocí pneumatických válců. Následně jsou pastorky zalisovány tak, aby zapadly do soukolí s instalovanými seřizovacími šrouby.
3. Projektor po vyjmutí z přepravní bedny je vizuálně zkontrolován, zda nejsou čočka nebo pohledové díly poškrábány. Poté se postupně zapojují konektory všech funkcí.
  - 3.1. LIN konektor – konektor je ručně zatlačen do protikusu tak, aby zapadla pojistka (obr. 1.7).



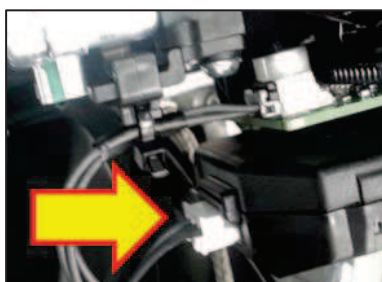
Obr. 1.7 Konektor LIN driveru

3.2. Klip – nejdříve je nastrčena jedna strana klipu a následně přetažena druhá polovina klipu přes hranu fixačního elementu tak, aby byl klip zcela zacvaknut (obr. 1.8).



*Obr. 1.8 Klip na kabeláži*

3.3. Konektor k motorku AFS funkce – podobně jako u konektoru pro LIN driver je tento konektor ručně nasunut a zacvaknut až do koncové polohy, kdy zapadne pojistka klipu, která zamezí vypadnutí konektoru a tím ztrátě funkce během provozu vozidla (obr. 1.9).



*Obr. 1.9 Konektor AFS motorku*

3.4. HV kabel – naposled je na výbojku nastrčen napájecí vysokonapěťový kabel (obr. 1.10).

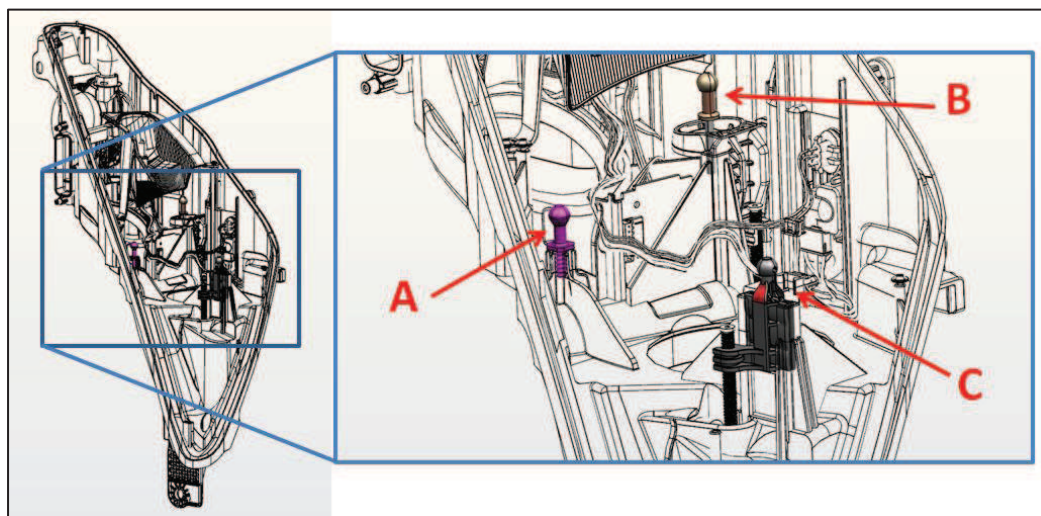


*Obr. 1.10 Konektor vysokonapětového konektoru*

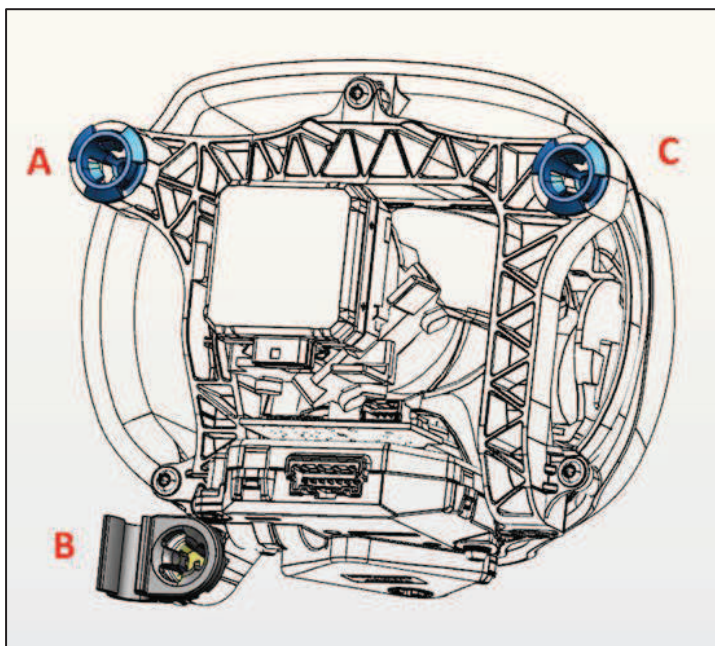
4. Po zapojení všech konektorů a HV kabelu je prováděna kontrola správnosti zapojení lehkým zatažením za vodiče jdoucích do konektorů (push-pull test).
5. Poté je ball track (obr. 1.12 - lokátor B) nasunut na kulový čep konce osy krokového motorku (obr. 1.11 - lokátor B), ball sockety (obr. 1.12 - lokátory A a C) jsou navedeny



jeden na pevný pivot (obr. 1.11 - lokátor A) a druhý na pohyblivý slider (obr. 1.11 - lokátor C).



*Obr. 1.11 Lokační prvky projektorové jednotky v sestavě pouzdra*



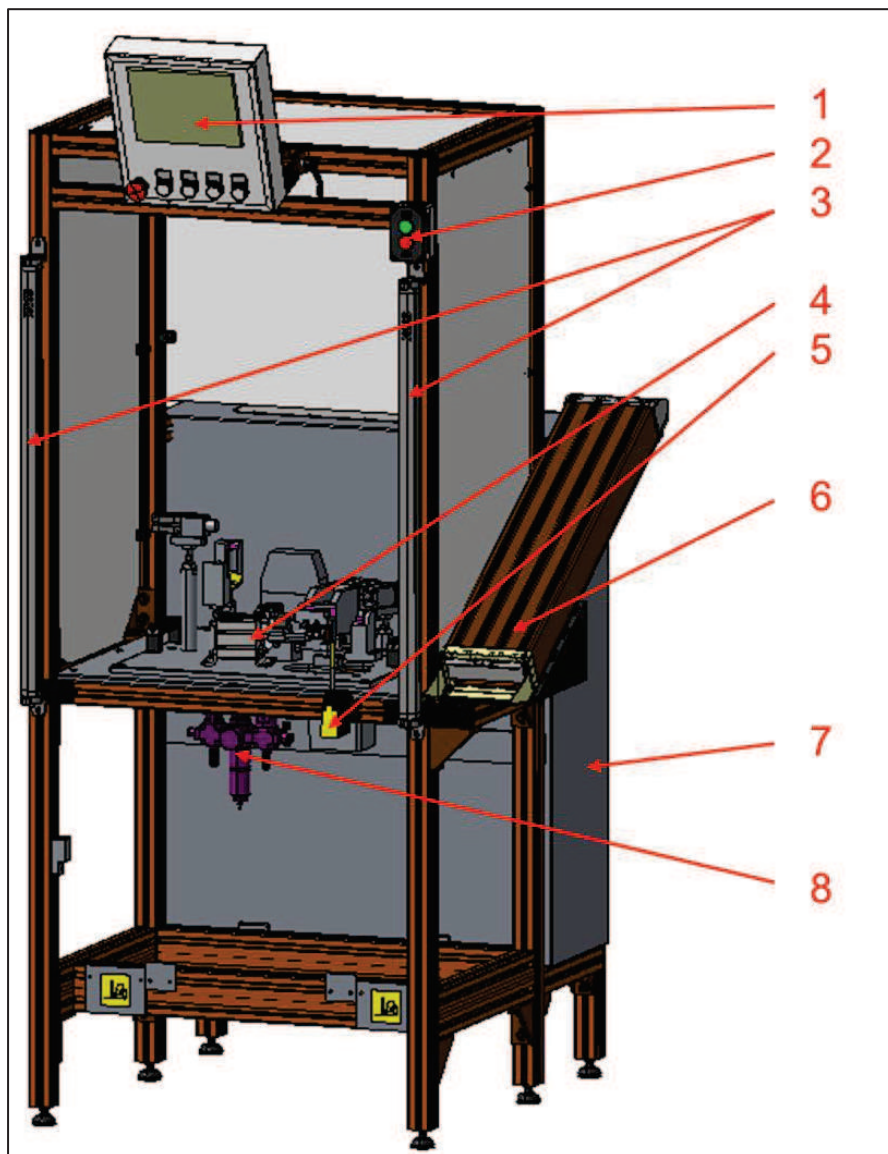
*Obr. 1.12 Lokační prvky projektorové jednotky*

6. Takto připravený projektor je tlakem ruky zatlačen do ball socketů až do koncové polohy. Tato operace je ergonomicky nevyhovující, a proto je snaha toto změnit a operaci co nejvíce zjednodušit. Tento manuální pohyb je nahrazen novým přípravkem navrženým v této diplomové práci.

Vzhledem k tomu, že se jedná o poloautomatické pracoviště, je zde vnesena možnost chyby vlivem lidského faktoru. Obsluha stroje má za úkol správně nasadit seřizovací pastorky na lisovací trny a založit pouzdro do přípravku. Proto je korektnost provedení potřebných manuálních úkonů hlídáno pomocí čidel.

## 2 Montážní pracoviště – popis a rozložení hlavních částí

### 2.1 Montážní stanoviště



Obr. 2.1 Montážní stanice

V zadní části pracovního stanoviště je umístěna skříň s prostorem pro rozvod elektrické energie a pro umístění řídicí elektroniky celého pracoviště (obr. 2.1 - 7). Ve spodní části rámu se nachází úprava stlačeného vzduchu určeného pro pohon mechanických částí přípravku spolu s jeho rozvaděčem (obr. 2.1 – 8).

Vpravo od pracovního prostoru je umístěn skluz se zásobníkem pastorků ozubeného převodu pro horizontální a vertikální seřízení lampy (obr. 2.1 – 6).



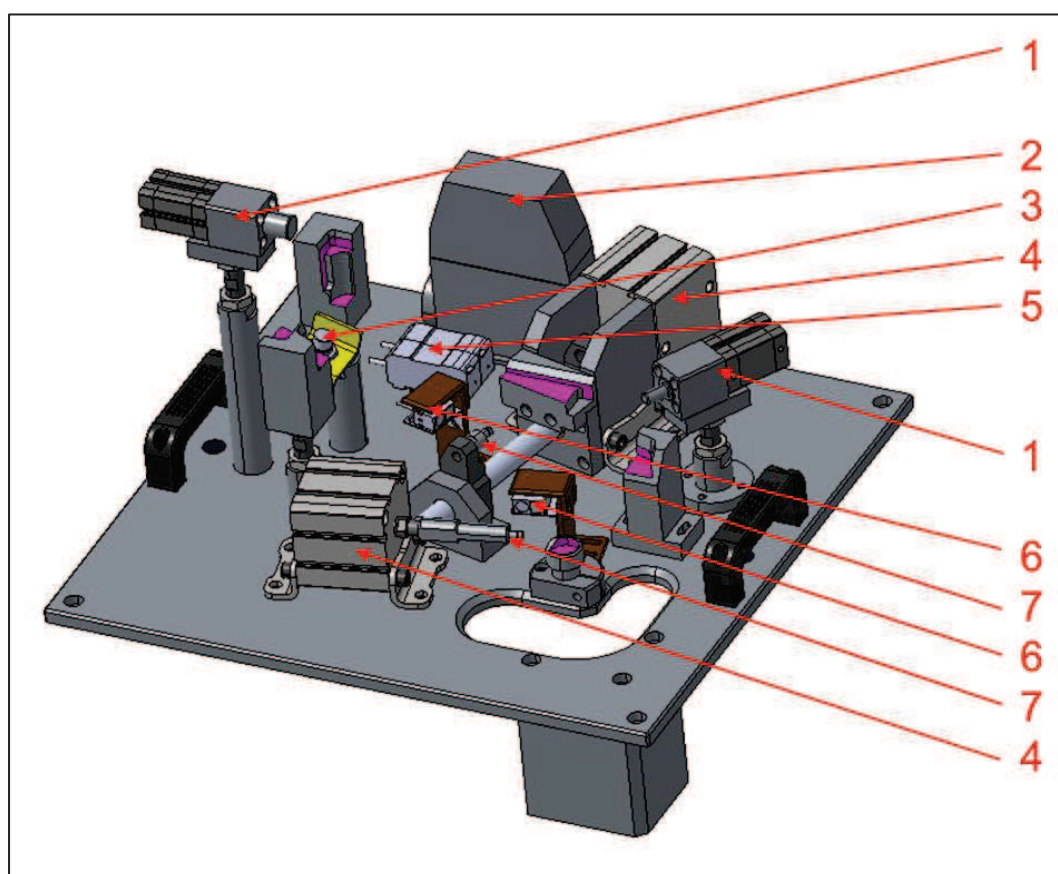
V přední části se nachází bezpečnostní světelná závora, která uzavírá pracovní prostor během pracovního cyklu stroje (obr. 2.1 – 3).

Na přední straně nad pracovním prostorem se nachází ovládací panel, kde se nastavují některé parametry pracovního režimu pneumatických válců (obr. 2.1 – 1). Na ovládacím panelu je rovněž umístěno tlačítko pro nouzové vypnutí celého stroje a tlačítko k vyrušení signalizace poruchy. Vpravo od panelu se nachází resetovací tlačítko a světelná signalizace (obr. 2.1 – 2).

V přední části stroje v úrovni pracovního stolu se nachází ovládací prvek pro spuštění automatického pracovního cyklu (obr. 2.1 – 5).

Na pracovním stole je umístěn samotný základací a montážní přípravek, který je napojen na rozvod stlačeného vzduchu pomocí univerzální patice (obr. 2.1 – 4).

## 2.2 Zakládací a montážní přípravek



Obr. 2.2 Zakládací a montážní přípravek

Přípravek je usazen do pracovního stroje na dva kolíky, které zapadají do přesné díry a drážky na přípravku. Celý přípravek je zafixován čtyřmi šrouby v každém rohu základní

desky. Připojení stlačeného vzduchu je řešeno pomocí univerzální patice (obr. 2.2 – 2). Čidla a snímače polohy válců jsou propojeny s řídicí jednotkou přes univerzální konektory (obr. 2.2 – 5).

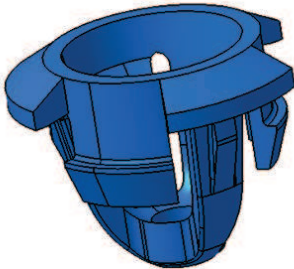
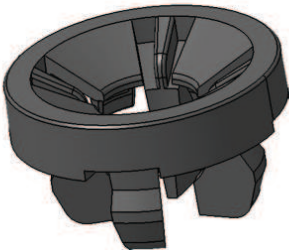
Pastorky, které tvoří převod pro seřízení světelné stopy, se nasazují na zatlačovací trny (obr. 2.2 – 7). Ty jsou připojeny na písty pro stlačený vzduch (obr. 2.2 – 4). Přítomnost obou pastorků na trnu před spuštěním automatického cyklu zalisování do pouzdra je hlídána pomocí dvou čidel (obr. 2.2 – 6).

Po založení podsestavy pouzdra do přípravku je po celou dobu kontrolována její přítomnost snímačem (obr. 2.2 – 3) a je přidržována ve správně pozici dvěma pneumatickými válci (obr. 2.2 – 1). Podsestava pouzdra je tak po zafixování znehybněna v přípravku a připravena pro montáž dalších komponentů.

### 3 Porovnání možných variant řešení

#### 3.1 Varianta s ručním zatlačováním s použitím nových SIBSů

První a nejlevnější varianta pro řešení problému s montáží projektorové jednotky je snížení montážních sil použitím jiných, novějších lokačních dílců (SIBS – Snap In Ball Socket). Firma ALSYST vyvinula nový díl SIBS HP, který snižuje síly nutné k montáži kulového čepu do lůžka dílu. Minimální síla, která je nutná k rozpojení spoje, je zároveň vyšší oproti původní o téměř 100 %. Tato vyšší síla snižuje riziko vypadnutí projektorové jednotky z kulových seřizovacích čepů během provozu vozidla nebo vlivem případného pádu světlometu během přepravy do montážního závodu automobilky.

	SIBS	SIBS HP
		
	SIBS	SIBS HP
MAX SÍLA K ZATLAČENÍ ČEPU [N]	200	125
MIN SÍLY K VYTAŽENÍ ČEPU [N]	225	440

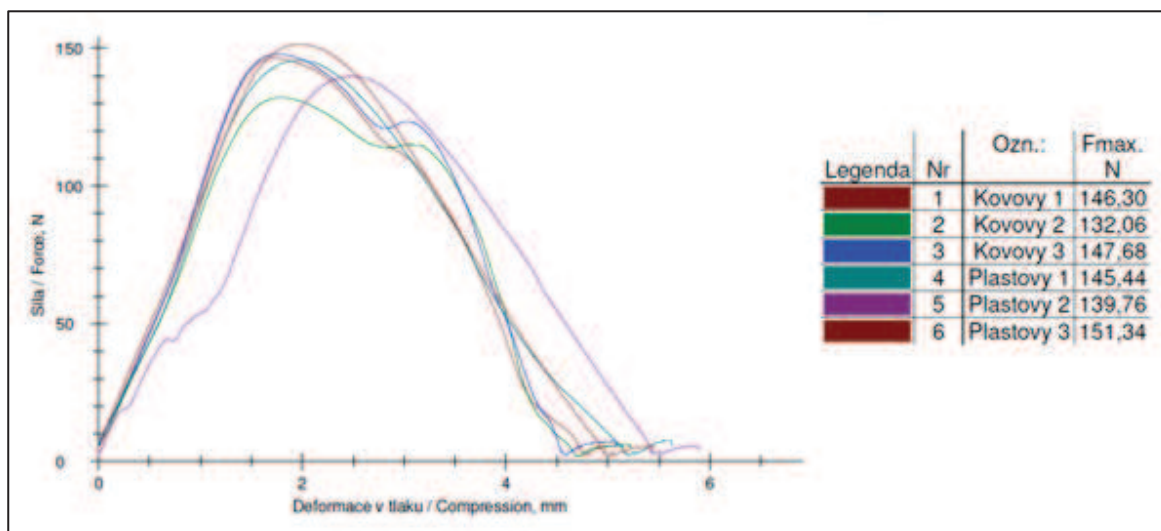
Obr. 3.1 Porovnání SIBS a SIBS HP

Starý design má oproti novému lépe vyřešeno navádění kulového čepu do lůžka SIBS. Hlubší uložení a lepší navádění umožňuje i strojní zatlačování, což by u nového designu bylo bez přídavného vedení celé jednotky problematictější a méně spolehlivé.

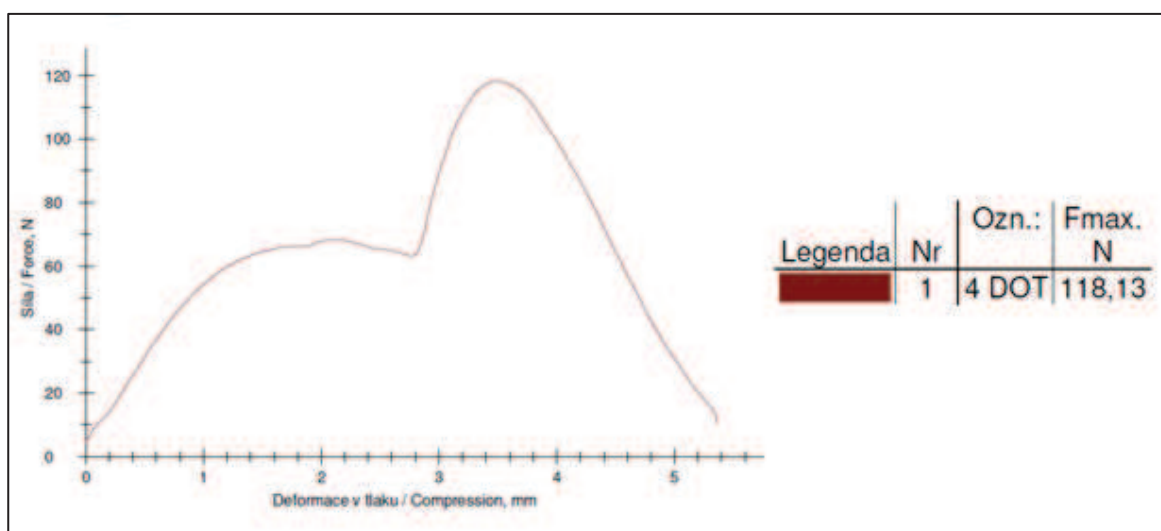
Vlivem rozdílného designu obou SIBSů je nutné pro zavedení nového SIBS HP změnit design rámečku projektoru. Dodavatelem rámečku je požadováno 156 453 Kč na úpravu formy a měřicích přípravků. SIBS a SIBS HP je při stejných objemech dodávek stejně drahý, cena finálního výrobku by tedy nebyla ovlivněna. Do kalkulace změny je nutno zahrnout i náklady na úpravu výrobní linky v závodě, kde musí být vyroben nový lisovací přípravek na montážní lince projektorové jednotky za 74 300 Kč. Celkové náklady na změnu jsou 230 753 Kč bez nákladů na inženýrské práce.

Velikosti zatlačovacích sil kulových čepů do obou SIBSů byly změřeny v laboratoři, kde byly zaznamenány síly potřebné k montáži jak plastového slideru, tak kovového

pevného pívotu. Výsledky ukázaly nižší montážní síly pro SIBS HP u obou variant, jak ukazují grafy na obrázcích 3.4 a 3.5.



Obr. 3.2 Měření zatlačovacích sil SIBS



Obr. 3.3 Měření zatlačovacích sil kovového pívotu do SIBS HP

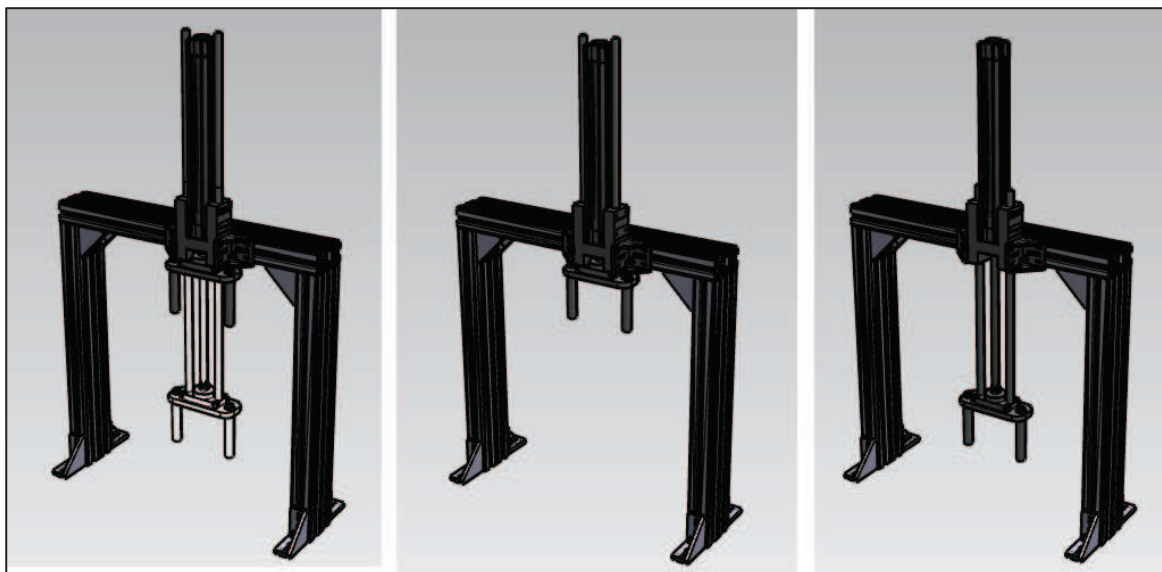
### Výsledek montážní zkoušky

Pro validaci změny byla požadována montážní zkouška na testovací sérii 100 kusů, kdy měl být ověřen nový design na všech směnách větším počtem operátorů.

Po vyzkoušení testovací série byly výsledky montážní zkoušky nejednoznačné a hodně subjektivní. Padesát procent operátorů zaznamenalo zlepšení stavu a druhých padesát uvedlo stejný stav nebo zhoršení. Ačkoli byly laboratorní výsledky jasné a výrazně lepší, kdy zatlačovací síly byly o desítky procent menší, byla tato změna projektovým vedením zastavena s tím odůvodněním, že zlepšení není zaručeno a nutná investice se může minout účinkem a nesplnit tak cíl. Rovněž vyšší síly nutné k demontáži

projektoru zhoršují situaci pro repasování vadných podsestav. Na repasovacím stanovišti je již jen ruční demontáž, bez použití přípravku.

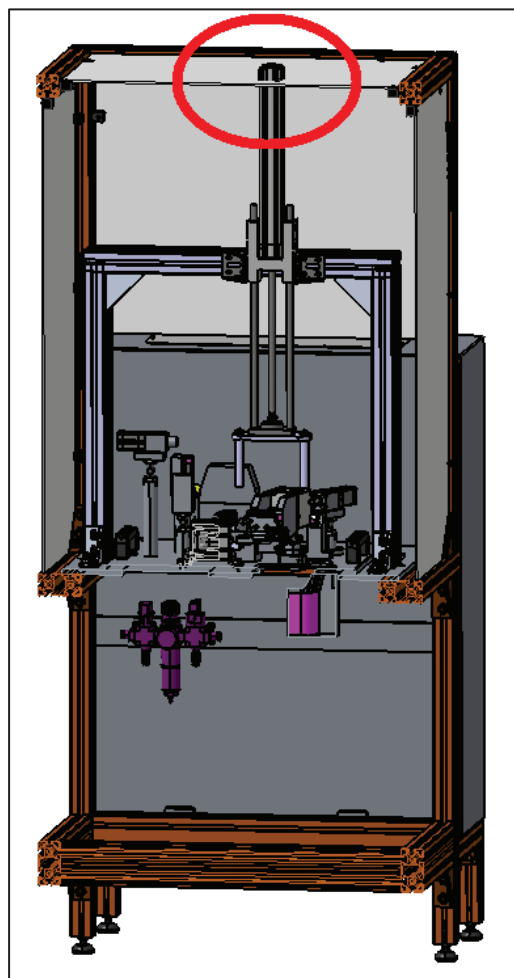
### 3.2 Varianta s jedním vertikálně pohyblivým pístem



*Obr. 3.4 Varianta řešení s jedním vertikálně pohyblivým pístem*

Tato varianta je jednoduchá svou konstrukcí s jedním mechanismem, zatlačovací hlavou a nosnou konstrukcí. Tím, že tento přípravek má pouze jeden pohyblivý člen, není do konstrukce vnášena variabilita druhého pracovního pohybu, jako je tomu u variant popsaných v kapitolách 3.3 a 3.4. Rovněž zapojení na rozvody stlačeného vzduchu nemusí být řešeno s ohledem na kinematiku přípravku. Tato varianta není tak finančně náročná jako následující dvě možná řešení.

Minimální nutný zdvih v přímém směru je 287 mm (viz obr. 4.4), aby bylo možno výrobek zakládat i vyjímat bez kolizí s přípravkem. Pro splnění této podmínky se musí dimenzovat i velikosti všech částí přípravku. Při použití katalogových dílů nastává problém se zástavbou přípravku do montážního pracoviště, kde je již výška ochranné konstrukce pevně dána. Pracovní píst s vedením a dorazy je v kolizi s ochranou konstrukcí montážního pracoviště. Kolize pístu s klecí je zobrazena na obrázku 3.5. Píst přesahuje do prostoru nad stanicí o 45 mm.

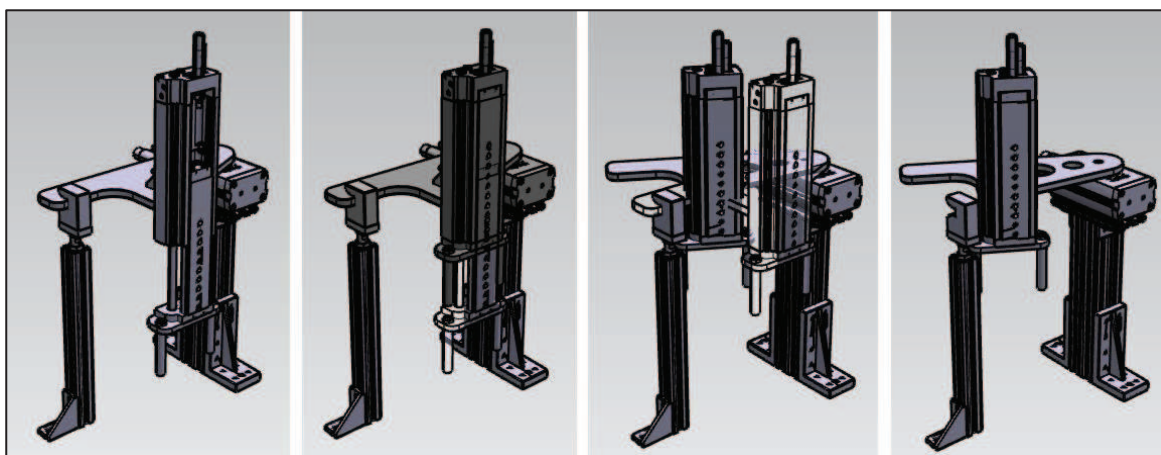


*Obr. 3.5 Řez pracovní stanicí s osazeným přípravkem s jedním pracovním pístem*

Rovněž nepříznivý fakt, který je proti řešení tohoto montážního uzlu dle této varianty, je ten, že po zalisování projektorové jednotky do finální pozice a odjezdu pístu do mezní horní pozice jsou zatlačovací trny přímo nad skleněnou čočkou a tato může být tedy snadno poškrábána při vytahování celé podskupiny pouzdra z přípravku.



### 3.3 Varianta s rotačním a vertikálním pohybem



*Obr. 3.6 Varianta s rotačním a vertikálním pohybem*

Tato varianta je řešena pomocí dvou pracovních pohybů, posuvného a rotačního, a to z důvodu snížení celkové výšky přípravku, aby se tato celá konstrukce vešla do zástavby montážního pracoviště.

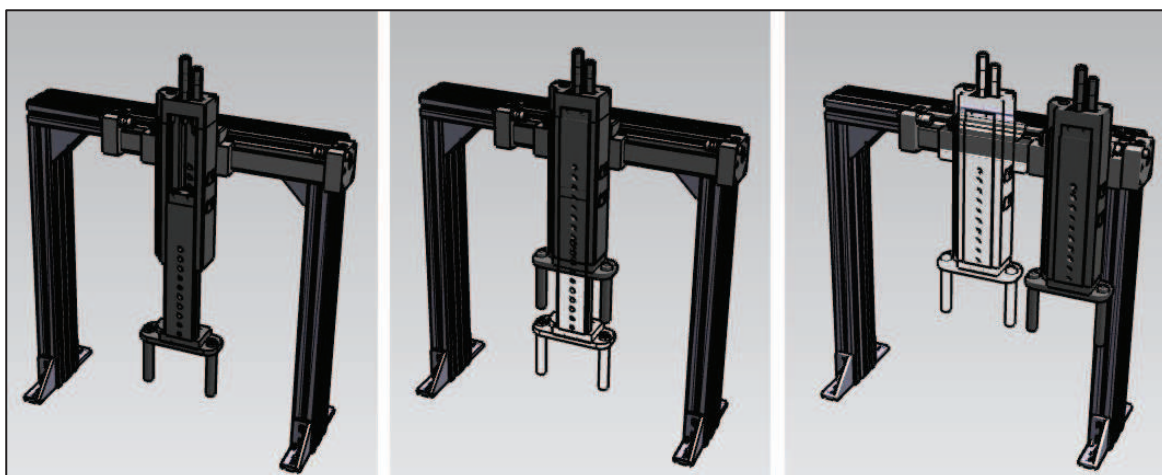
Po založení podskupiny pouzdra, na hlavní kabeláž napojené a do pouzdra založené projektorové jednotky, se spustí automatický cyklus. Rotačním pohybem najede mechanismus do pracovní polohy a zapadne do lokačního protikusu, který drží výšku a úhel natočení volného ramena rotačního mechanismu. Poté se spustí přímočarý pohyb, kdy montážní hlava najede zatlačovacími trny na plošky rámečku projektoru a jednotku zatlačí do finální polohy. Po dokončení operace se hlava opět zvedne, rameno s pístem odjede rotačním pohybem mimo prostor nad tělesem.

Tímto řešením se sníží celková výška přípravku a bylo by možno tedy tuto variantu použít i pro montážní pracoviště bez větších zásahů do konstrukce stanoviště a rozmístění linky.

Hlavní nevýhoda tohoto řešení je složitost konstrukce, kdy jsou namáhány ložiska rotačního pohonu ohybovým momentem způsobeným vahou přímočarého pístu a ramena, na kterém je píst připevněn. Další nevýhodou je nestabilní ustavení v poloze, kdy je projektorová jednotka montována do podskupiny pouzdra. Pro stabilnější upevnění ramena by bylo možné použít mechanický zámek, který ovšem konstrukci prodraží. Rovněž přívod stlačeného vzduchu pro pohon přímočarého pístu musí být řešen s ohledem na rotační pohyb mechanismu.



### 3.4 Varianta s vertikálním a horizontálním pístem



*Obr. 3.7 Varianta s vertikálním a horizontálním pístem*

Po založení pouzdra s projektorovou jednotkou a stlačení ovládacího prvku najede pracovní píst horizontálním pohybem z pravé strany nad projektor. Poté se spustí zatlačovací hlava dolů, až hroty dosednou na montážní plochy rámečku projektoru a projektor zafixují. Po dokončení hlava odjede zpět do výchozí polohy v opačném pořadí pohybů.

Dvojím pohybem je zredukován minimální potřebný prostor nad základacím přípravkem, protože pracovní zdvih hlavy nemusí být takový, jako je tomu u jediného vertikálního posuvu. Kombinace horizontálního a vertikálního pohybu je pro seřízení vhodnější, než je tomu u kombinace rotace a posuvu. Pneumatické písty jsou uchyceny na pevném rámu, který je stabilnější než konstrukce varianty z kapitoly 3.3. Rovněž se odsunutím zatlačovací hlavy mimo prostor nad čočkou projektoru snižuje riziko poškrábání její optické a vzhledové plochy.

Použitím dvojího pohybu se zvedá cena konstrukce oproti druhé variantě, která je ovšem z hlediska velikosti pracovního prostoru pro tuto aplikaci nevhodná. Přívod stlačeného vzduchu k pracovnímu pístu musí být řešen a ochráněn během horizontálního pohybu tohoto pístu.

## 4 Konstrukční návrh přípravku pro montáž projektorové jednotky

### 4.1 Konstrukční požadavky

Konstrukce přípravku je omezena několika faktory, které lze rozdělit do dvou skupin. První skupina faktorů omezuje konstrukci z hlediska okolní zástavby montážního pracoviště. Druhá skupina zohledňuje interakci výrobku a přípravku a velikosti montážních sil.

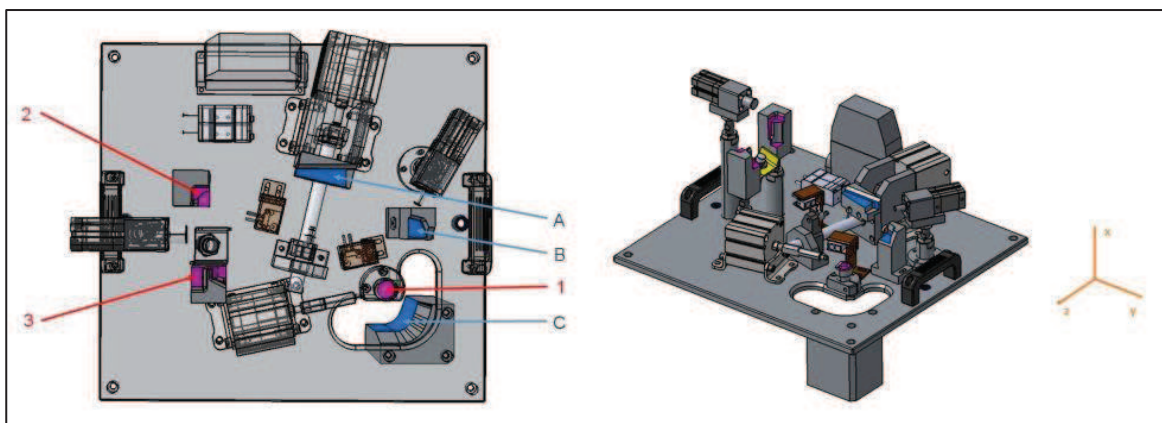
Přípravek se nachází v zakrytovaném stroji, proto musí splňovat základní požadavek velikosti a dodržet maximální vnější rozměry. Šířku omezují dvě protilehlé boční stěny montážního pracoviště, výšku strop. Maximální hloubka je mezi zadní stěnou a bezpečnostní světelnou branou na přední straně stanoviště.

Požadavky na přípravek z hlediska interakce mezi přípravkem a výrobkem musí zohlednit:

- Způsob založení podsestavy pouzdra do přípravku,
- zajištění pouzdra v přípravku,
- minimální zdvih přípravku,
- způsob založení podskupiny projektorové jednotky na seřizovací elementy,
- způsob zatlačení projektoru do pouzdra,
- ochranu pokovené masky a přilehlého SB reflektoru.

Přípravky jsou pro pravý a levý světlomet koncipovány jako zrcadlově otočené. Jako hlavní je brána pravá strana, od které se následně levý přípravek zrcadlí. Při tom se musí ovšem brát v potaz prvky, které nejsou symetrické, zejména řešení otvorů pro uchycení světelných zdrojů. Pro případ rozšíření stávajícího montážního pracoviště o pneumatický zatlačovací mechanismus platí pravidlo zrcadlení bez výjimek.

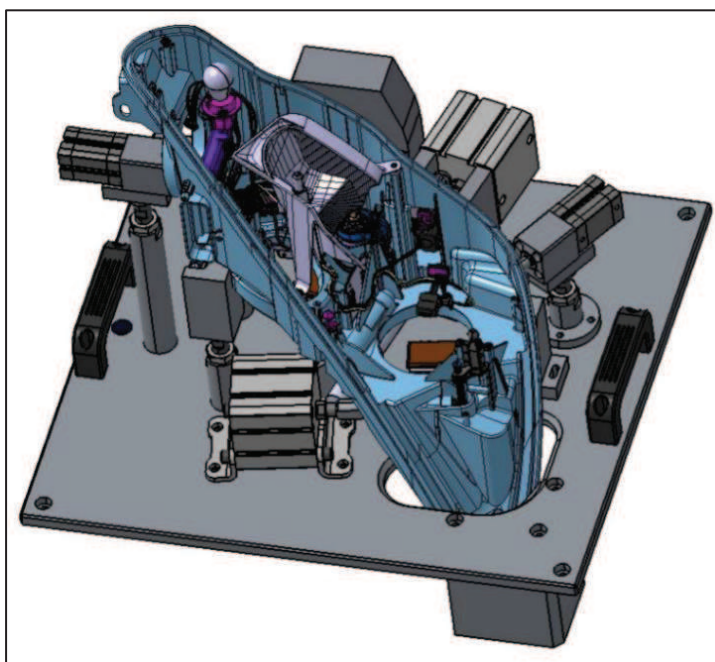
### Lokace lampy do přípravku



*Obr. 4.1 Zakládací přípravek*

Podsestava pouzdra se vlivem nepřesností výroby liší od nominálních CAD dat, dle kterých byl přípravek vyroben. Proto jsou všechny lokační prvky přípravku seřaditelné tak, aby bylo možné případné odchylky kompenzovat. Proto jsou všechny podpory 1, 2 i 3 seřaditelné v ose x pomocí šroubového spojení. Podpůrné plochy A, B a C sice nejsou nastavitelné, ale jsou navrženy s dostatečnou vůlí vůči pouzdru.

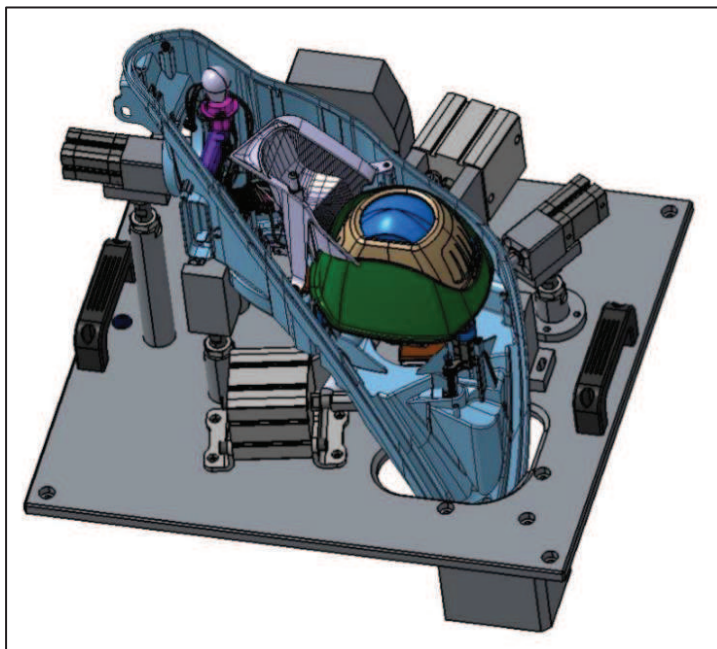
Plochy 1, 2 a 3 z obrázku 4.1 ustavují pouzdro vůči osám x, y, z a tím určují jeho polohu vůči souřadnému systému přípravku (1-XYZ; 2-XY; 3-X). Plochy A, B a C (obr. 4.1) podpírají pouzdro při zatlačování projektorové jednotky u nejvyšší verze a reflektoru u dalších variant světlometů.



*Obr. 4.2 Pouzdro umístěné do přípravku před operací montáže projektorové jednotky*

### Lokace projektoru do lampy

Lokace projektoru do pouzdra je řešena třemi kulovými čepy, které jsou na straně pouzdra. Ty zapadají do protikusů, umístěné na rámečku projektorové jednotky. Montáž projektorové jednotky byla již blíže popsána v kapitole 2.4.

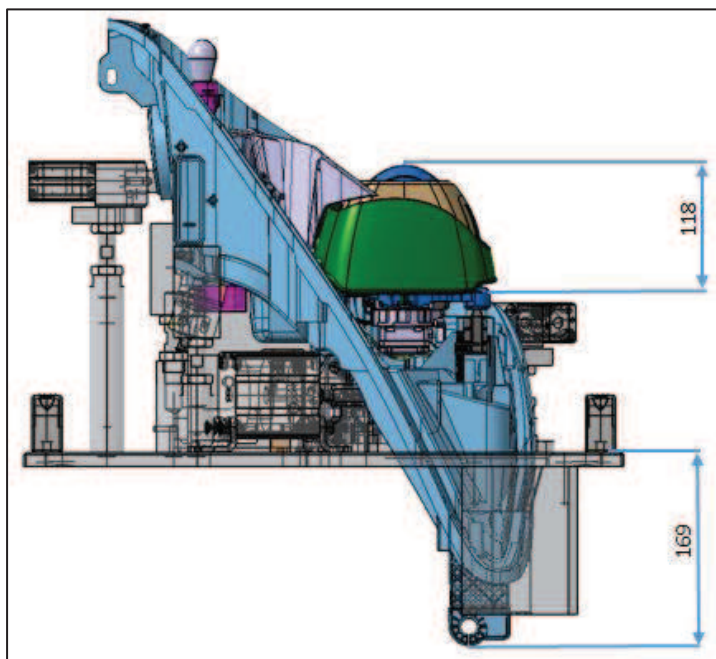


*Obr. 4.3 Pouzdro umístěné do přípravku po operaci montáže projektorové jednotky*

### Minimální zdvih přípravku

Minimální výška zdvihu zatlačovací hlavy je dána vlastní konstrukcí základacího přípravku a výškou projektorové jednotky od rámečku po vrchol čočky v ose  $x$  (viz obr. 4.4). Výška projektoru je 118 mm. O tuto výšku musí montážní hlava vyjet v každé automatizované variantě řešení.

Pouzdro je založeno do přípravku tak, že se jeho část zasune do naváděcího otvoru. Tato část je 169 mm hluboko pod pracovní deskou přípravku. U varianty s jedním zdvihem musí být minimální zdvih větší, než je součet těchto dvou hodnot, aby bylo možné podsestavu pouzdra s již zamontovaným projektorem vyjmout z přípravku bez kolize.



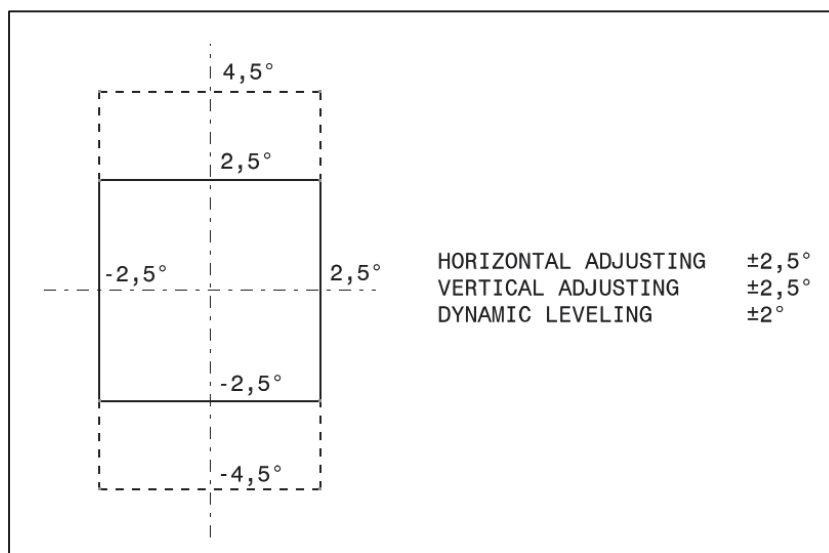
Obr. 4.4 Náhled na založenou podsestavu ve směru osy z

## 4.2 Konstrukční úprava rámečku projektoru

Aby byla automatizace operace vůbec možná, musí být rámeček projektorové jednotky modifikován. Na rámečku musí být zvětšeny dosedací plochy pro zatlačovací trny.

Dle interních firemních pravidel pro design je minimální mezera mezi díly uvnitř světlometu 2 mm [14]. To proto, aby nedocházelo ke kontaktu dílů během testování světlometu a za provozu vozidla. Aby vzájemným třením dílů o sebe nevznikal prach, který je možným důvodem pro reklamace.

Rámeček a v něm uložený projektor je, kvůli seřizování světelné stopy vůči ose automobilu, seřiditelný  $\pm 2,5^\circ$  v horizontálním směru a  $\pm 2,5^\circ$  ve směru vertikálním. K tomuto seřizovacímu oknu je nutno připočítat funkci dynamic leveling, která přidává další  $\pm 2^\circ$  ve vertikálním směru. Funkce dynamic leveling automaticky upravuje výšku světelné stopy během jízdy s ohledem na momentální zatížení náprav vozu.



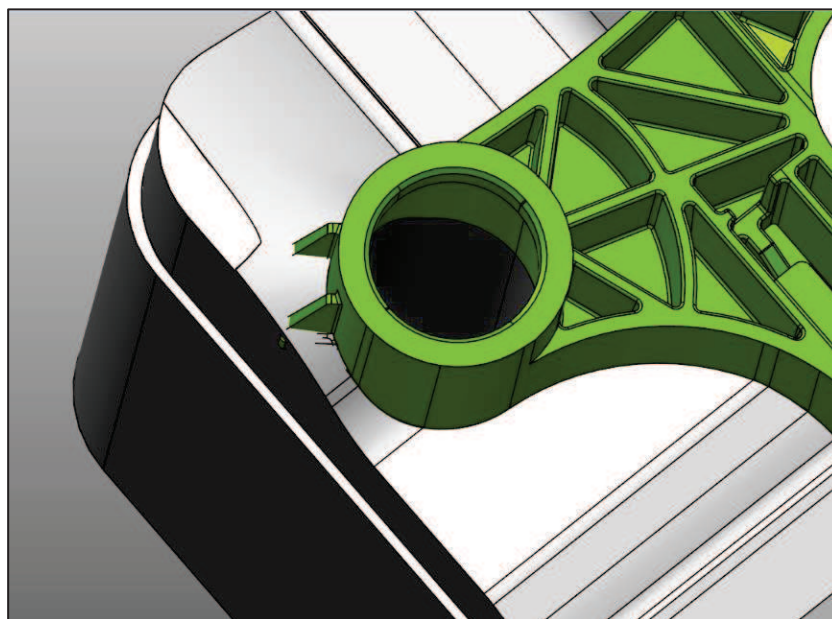
Obr. 4.5 Seřizovací okno [14]

Tyto seřizovací posuvy mění vzdálenosti mezi rámečkem projektoru a okolní zástavbou. Nejmenší vzdálenost mezi rámečkem a okolními díly je při seřízení  $+4,5^\circ$  vertikálně a  $-2,5^\circ$  horizontálně, tato se nachází mezi rámečkem a pouzdrem v oblasti pevného pivotu. Na straně seřizovacího slideru se rámeček přiblíží nejvíce masce na vzdálenost při ustavení  $+4,5^\circ$  vertikálně a  $+2,5^\circ$  horizontálně.

Navržené opěrné plochy musí rovněž vydržet napětí způsobené pneumatickým pístem. Proto musí být dostatečně velké, aby se síla mohla rozložit po co největší ploše a nedocházelo ke zbytečné koncentraci napětí. Zároveň musí být dostatečně pevné, aby materiál vydržel tlak během pracovního procesu.

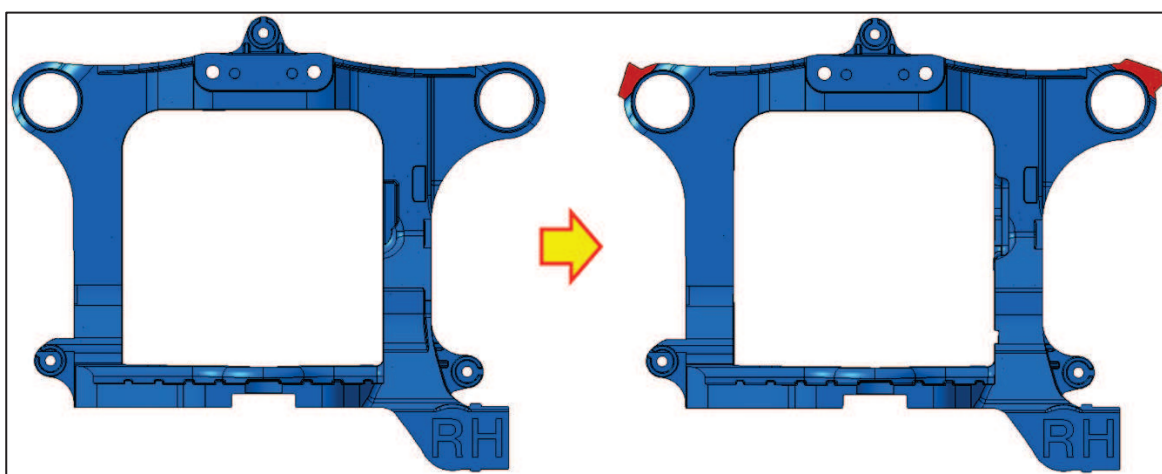
Pro rámeček se počítá s využitím původní formy, proto se musí počítat s designem současné formy i s jejími limity. Kritická oblast je v okolí hnízda pro SIBS pro pevný šroub, kde je dutina pro plast velmi blízko okraji formy. Na obrázku 4.6 lze vidět, jak je okraj formy blízko dutině pro výlisek a původně navržený design rámečku okraj přesahuje.





*Obr. 4.6 Limit designu vlivem velikosti vložky formy*

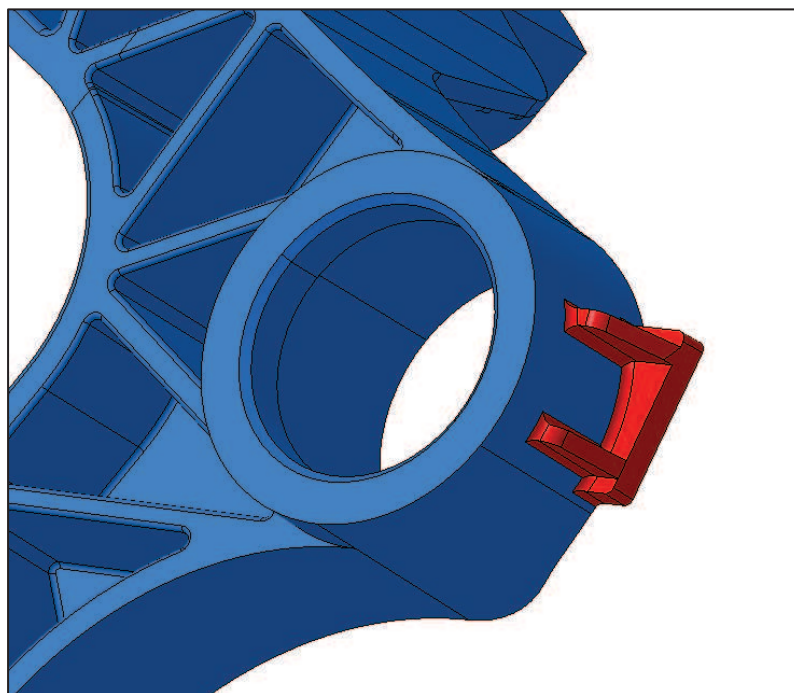
S ohledem na všechny výše zmíněné limity pro nový design jsou navrženy rozšiřující opěrné plochy (viz obr. 4.7). Design nových ploch je odsouhlasen dodavatelem dílu jako výrobitelný.



*Obr. 4.7 Změna designu rámečku*

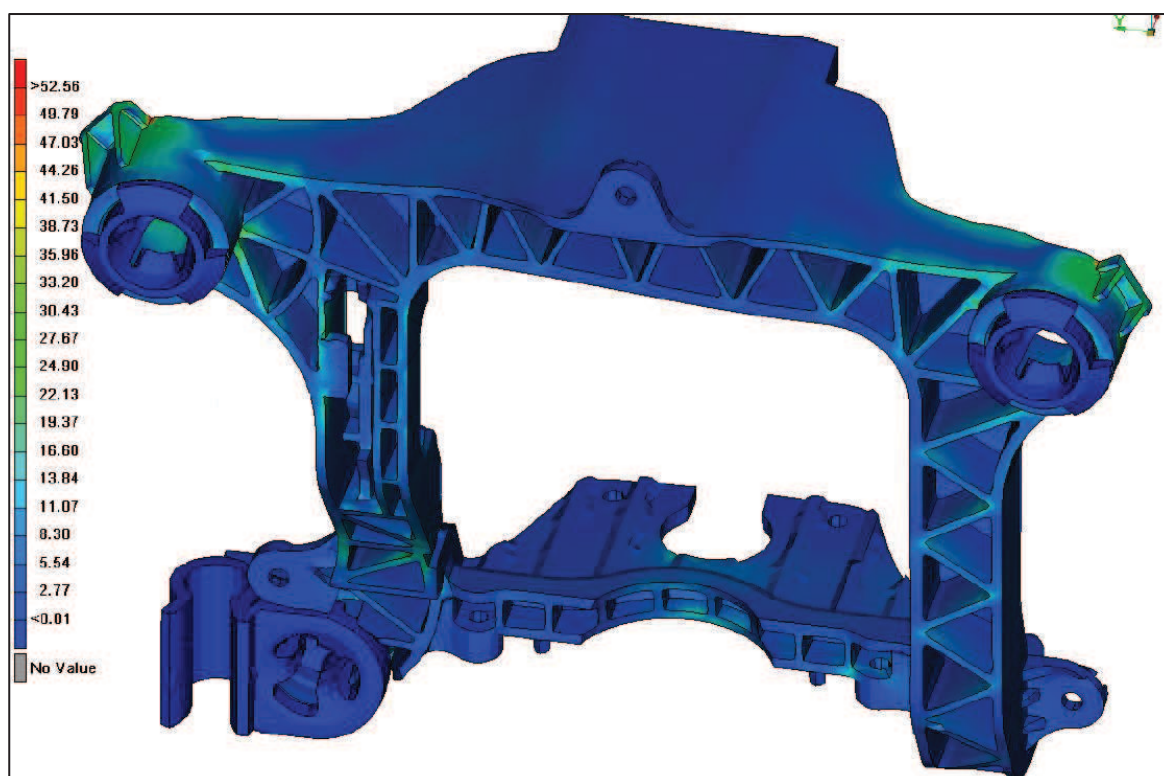
Pro větší pevnost a únosnost je každá tato plocha ze zadní strany vyztužena podpůrnými žebry (viz obr. 4.8).





Obr. 4.8 Výztužní žebra

Způsobilost nového designu je ověřena statickou CAE simulací, ve které na každou nově přidanou plochu působí síla 240 N. Maximální napětí 52.5 MPa pak vzniká v napojení nových ploch na rámeček, kde je napětí koncentrováno (viz červené oblasti na obrázku 4.9).

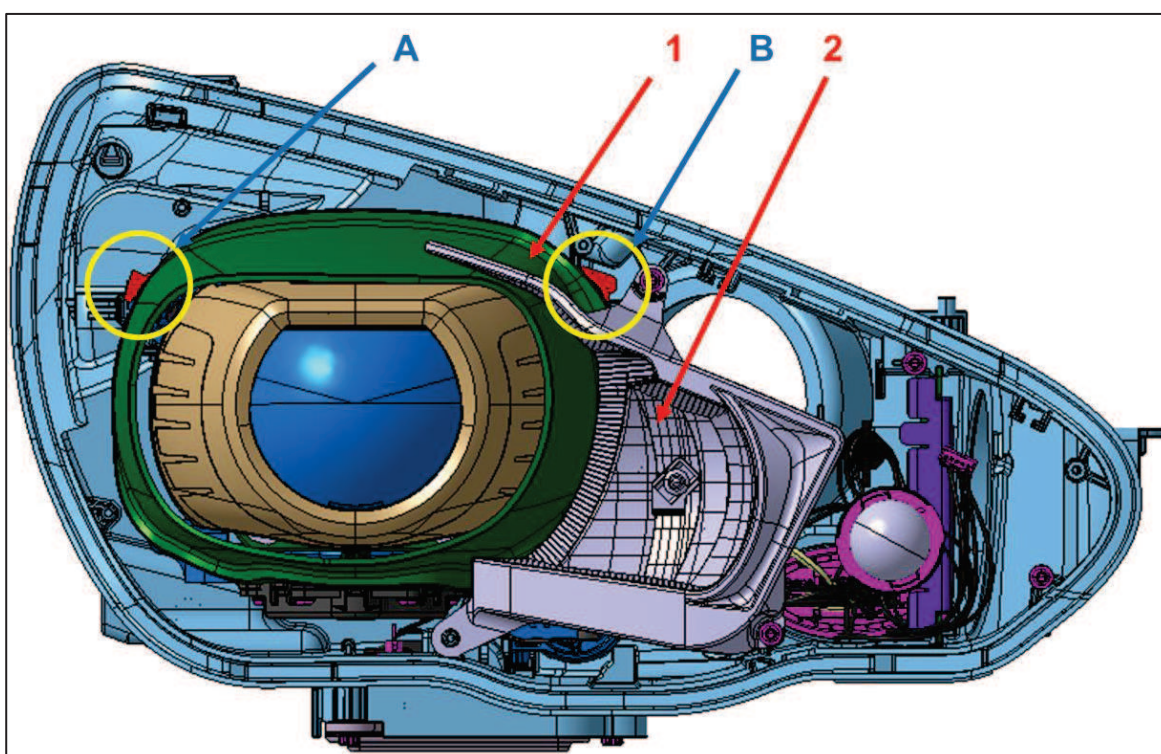


Obr. 4.9 CAE simulace

Vzhledem k tomu, že při procesu zatlačení SIBS je již nasazen PIBT (Push In Ball Track) na hřídel seřizovacího motorku, musí být zkontrolována i síla, která na toto spojení během montáže působí.

Reakční síly v PIBT při montáži jsou určeny rovněž na základě statické CAE simulace. Tato síla je 35 N což je hluboko pod limitem vytrhávací síly udávané dodavatelem PIBT, což je 160 N [14]. Lze tedy předpokládat, že toto spojení zůstane funkční během montážního cyklu i po něm.

### 4.3 Konstrukční návrh zatlačovacích trnů



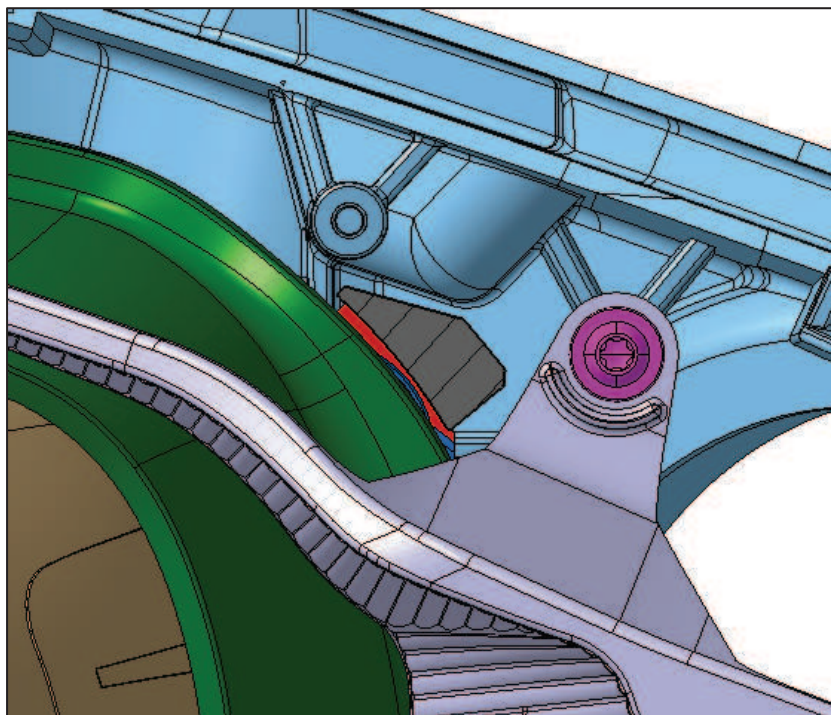
*Obr. 4.10 Zástavba podsestavy světlometu*

Zatlačovací trny jsou tvarově složité součásti, které jsou přesně orientovány vůči dosedacím plochám na rámečku (červené plochy na obr. 4.10 - A,B). Trny musí dosednout na plochy, ovšem nesmí poškodit okolní díly zejména pokovenou krycí masku (obr. 4.10 - 1) nebo reflektor pro přisvětlovací funkci při odbočování (obr. 4.10 - 2). Proto musí být mezi díly a přípravkem dostatečně velká mezera, která bude kompenzovat výrobní tolerance samotných dílů a variabilitu montáže. Nominální mezera je zvolena 1mm jako kompromis mezi ochranou dílů a zachováním dostatečně velké dosedací plochy.

### Geometrie zatlačovacích trnů

Geometrie trnů samotných (tmavé šrafované plochy na obrázcích 4.11 a 4.12) je dána volnými prostory, kterými je možné se dostat k dosedacím plochám na rámečku projektorové jednotky. Profily trnů jsou navrženy tak, aby nebyly k okolním dílům blíže, než je zvolená minimální spára 1 mm.

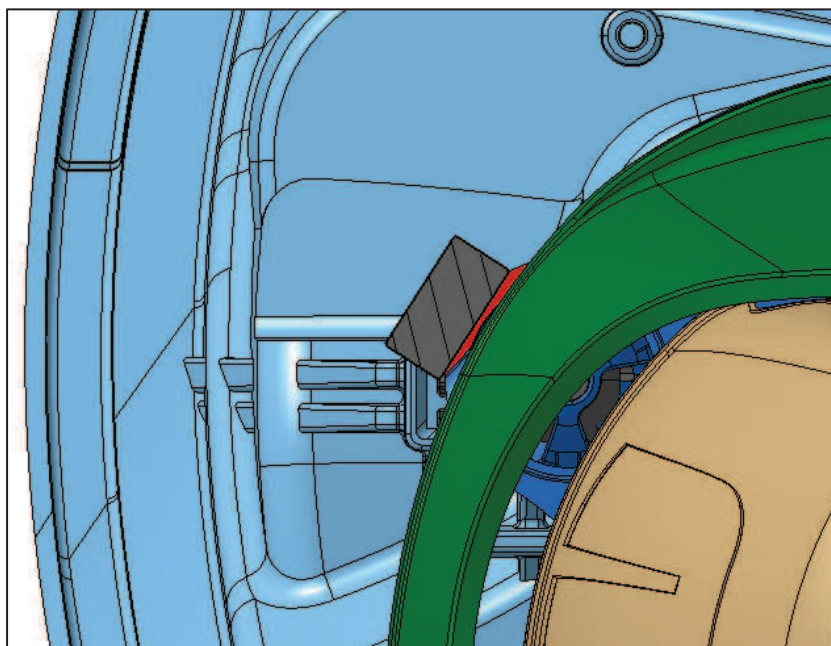
Složitější situace je u trnu, který dosedá na plochu B (obr. 4.10), která je hlouběji v tělese, a všude kolem jsou díly, kterým je potřeba se vyhnout.



*Obr. 4.11 Profil zatlačovacího trnu 1*

U trnu dosedající na plochu A (obr. 4.10) je volný prostor směrem od projektorové jednotky, tam neexistuje limitující prvek. Proto může být zvolen profil méně náročný pro výrobu trnu.

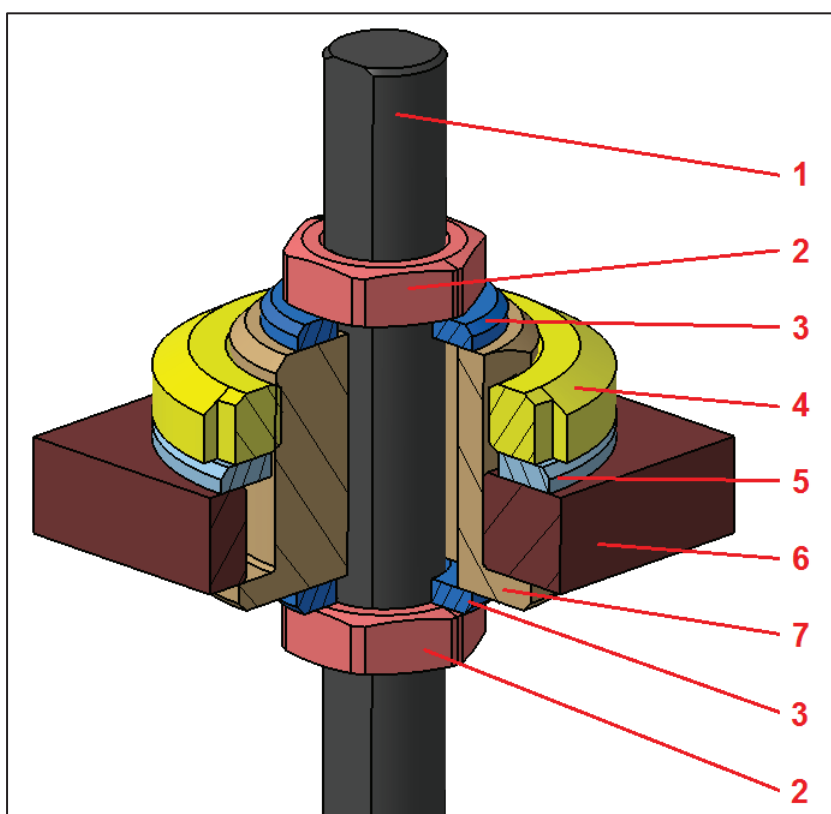




Obr. 4.12 Profil zatláčovacího trnu 2

### Seřizování trnů na stroji

Pro dosažení zatláčovacích trnů je navržen systém, který umožňuje posun ve všech osách, ale zároveň neumožňuje rotaci kolem os. Natočení trnů vůči podstavě je velmi důležité pro zachování dostatečných mezer vůči okolním dílům během pracovního cyklu.



Obr. 4.13 Mechanismus seřizování trnů

Pohyb vůči nosné desce zatlačovací hlavy (obr. 4.13 - 6) je umožněn pomocí povolování a utahování matic. Povoláním matice 4 je umožněn pohyb celého trnu vůči nosné desce v ose x tak, že klouže po obrobených plochách seřizovacího čepu 7. Povoláním matic 2 je umožněn pohyb závitové nohy 1 vůči seřizovacímu čepu jak v ose y, tak i z. Všechny tři matice jsou opatřeny podložkami (obr. 4.13 - 3 a 5).

## 4.4 Návrh posuvových jednotek

### Vertikální posuv

Vertikální pneumatický píst musí zabezpečit hlavní pracovní pohyb a musí s rezervou překonat maximální zatlačovací síly SIBS.

Dodavatelem definovaná maximální zatlačovací síla používaného SIBS je  $F_S=200$  N (deklarováno dodavatelem). Potřebné zatlačovací síly může zvýšit nepřesné založení projektoru na kulové čepy, otřepy na plastových dílech (jak SIBS, tak plastové konce seřizovacích elementů) a další možné odchylky mimo toleranční meze, které nesmí zablokovat výrobu.

Proto, aby bylo zaručeno, že bude projektorová jednotka smontovatelná i přes drobné výrobní nepřesnosti, je počítáno s rezervou (10 %). Pak je maximální síla potřebná k zatlačení jednoho SIBS  $F_1$ :

$$F_1 = \left( \frac{F_S}{100} \cdot 10 \right) + F_S = \left( \frac{200}{100} \cdot 10 \right) + 200 = 220 \text{ N}$$

Při montážní operaci jsou zatlačovány 2 SIBS najednou. Proto je minimální síla  $F_2$ , kterou musí vyvinout pneumatický píst dvojnásobná.

$$F_2 = F_1 \cdot 2 = 220 \cdot 2 = 440 \text{ N}$$

Z katalogu firmy FESTO byl vybrán píst řady DGSL velikosti 25 (viz obr. 4.14), který udává teoretickou zatlačovací sílu při tlaku 6 bar, což je i tlak v rozvodech po halách VARROC, 483 N. Pro tento přípravek je počítáno se zdvihem pístu 200 mm.

Piston Ø, forces and impact energy			4	6	8	10	12	16	20	25
Size										
Piston Ø	[mm]		6	8	10	12	16	20	25	32
Theoretical force at 6 bar, advancing	[N]		17	30	47	68	121	188	295	483
Theoretical force at 6 bar, retracting	[N]		13	23	40	51	104	158	247	415
Impact energy in the end positions:	P, E	[Nm]	0.015	0.05	0.08	0.12	0.25	0.35	0.45	0.55
	P1	[Nm]	0.005	0.02	0.03	0.04	0.06	0.12	0.2	0.25
	Y3	[Nm]	-	-	0.8	1.3	2.5	4	8	12
	1)	[Nm]	-	-	-	0.8	1.3	2.5	4	8

Obr. 4.14 Výřez z katalogu pístu DGSL [13]

Váha celého produktu: 6 139 g [13]

Váha pohybující se části: 2 432 g [13]

### Horizontální posuv

U horizontálního posuvu je nejdůležitější, aby návrh počítal s krouticím momentem  $M_x$  (obr. 4.15), který vznikne při pracovním cyklu stroje.

Maximální zatlačovací síla  $F_2=440$  N působí v navrhované konstrukci na rameni  $r_F=0,065$  m (odečteno z CAD dat).

$$M_x = F_2 \cdot r_F = 440 \cdot 0,065 = 28,6 \text{ Nm}$$

Z katalogu je volen píst DGC-KF s kuličkovým oběžným ložiskem s průměrem pístu 25 mm, který má maximální krouticí moment  $M_x(\text{max})=36$  Nm. Varianta s kuličkovým oběžným ložiskem je volena právě z důvodu vyšší hodnoty maximálního možného krouticího momentu.



### Characteristic load values

The indicated forces and torques refer to the centre of the slide surface.

These values must not be exceeded during dynamic operation. Special attention must be paid to the cushioning phase.

If the drive is simultaneously subjected to several of the indicated forces and torques, the following equation must be satisfied in addition to the indicated maximum loads:

$$\frac{F_y}{F_{y\max.}} + \frac{F_z}{F_{z\max.}} + \frac{M_x}{M_{x\max.}} + \frac{M_y}{M_{y\max.}} + \frac{M_z}{M_{z\max.}} \leq 1$$

### Permissible forces and torques

Piston Ø		8	12	18	25	32	40	50	63
F <sub>y</sub> max.	[N]	300	650	1850	3050	3310	6890	6890	15200
F <sub>z</sub> max.	[N]	300	650	1850	3050	3310	6890	6890	15200
M <sub>x</sub> max.	[Nm]	1.7	3.5	16	36	54	144	144	529
M <sub>y</sub> max.	[Nm]	4.5	10	51	97	150	380	634	1157
M <sub>z</sub> max.	[Nm]	4.5	10	51	97	150	380	634	1157

Obr. 4.15 Výřez z katalogu pístu DGC-KF [10]

Délku posuvu volíme maximální, kterou dovoluje zástavba pracovní stanice. Maximální je z toho důvodu, aby zatlačovací trny odjely co nejdále mimo pracovní prostor nad lampou v přípravku. Tato délka je 180 mm.

Teoretická síla při talku 6bar: 295 N [10]

Váha pístu: 2 995 g [10]

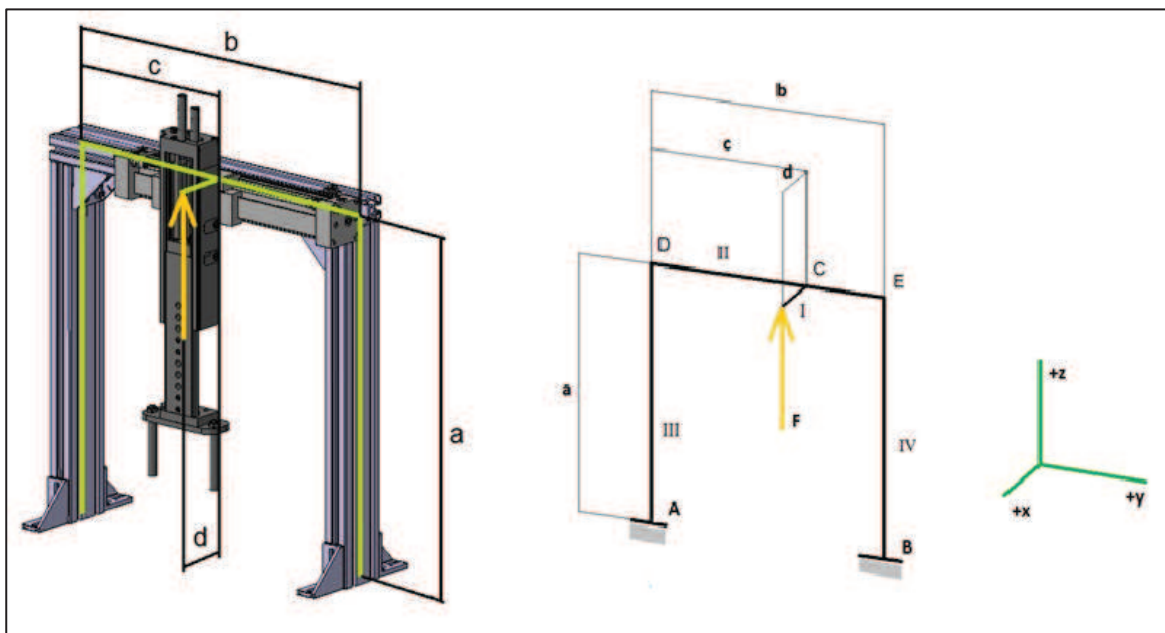
Výrobce rovněž specifikuje maximální možnou vzdálenost těžiště od pohybové části pístu. V CAD datech přípravku je tato hodnota  $r=32,9$  mm, což je hodnota nižší, než je maximální povolená mez (viz obr. 4.16).

Specifications for horizontal mounting position:								
Piston Ø	8	12	18	25	32	40	50	63
Distance $r_{\max.}$ [mm]	25	35	35	50	50	50	50	50

Obr. 4.16 Maximální možná vzdálenost těžiště zátěže od pístu DGC-KF [10]

## 4.5 Návrh nosné konstrukce

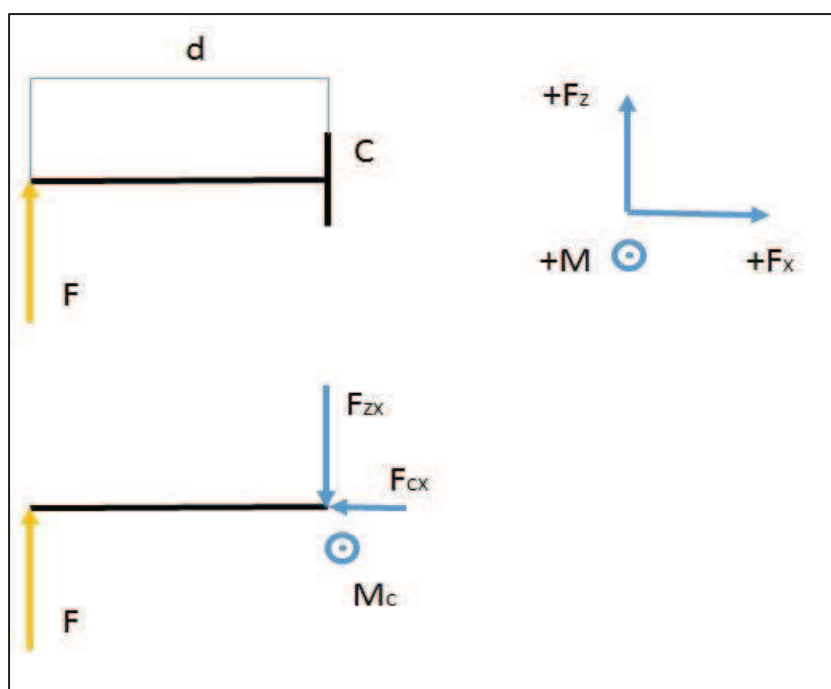
Největší napětí v konstrukci přípravku vzniká při samotném zatlačování projektorové jednotky do podsestavy pouzdra, proto je konstrukce řešena pro tuto situaci.



Obr. 4.17 Rozložení sil a reakcí při montáži projektorové jednotky

Síla  $F$  je spočítána v kapitole 5.3.  $F_2=440$  N. Ostatní parametry jsou odměřeny z CAD modelu přípravku  $a=599$  mm;  $b=600$  mm;  $c=378$  mm;  $d=171$  mm (obr. 4.17).

#### I Nosník



Obr. 4.18 Silový rozbor a uvolnění nosníku I

Výsledné vnitřní účinky (obr. 4.18):

Podmínky rovnováhy:

$$\Sigma F_y = 0 \quad [5]$$

V ose y nepůsobí žádná síla.

$$\Sigma F_x = 0 \quad [5]$$

$$F_{Cx} = 0$$

$$\Sigma F_z = 0 \quad [5]$$

$$F_2 - F_{Cz} = 0$$

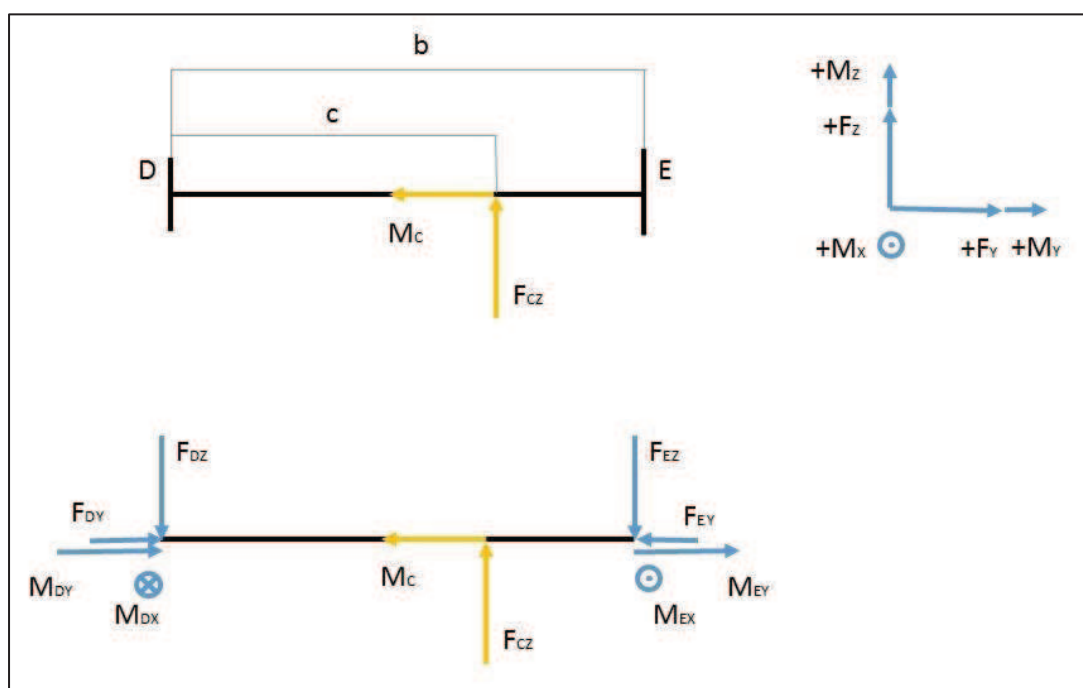
$$F_{Cz} = F_2 = 440 \text{ N}$$

$$\Sigma M_C = 0 \quad [5]$$

$$M_C - (F_2 \cdot d) = 0$$

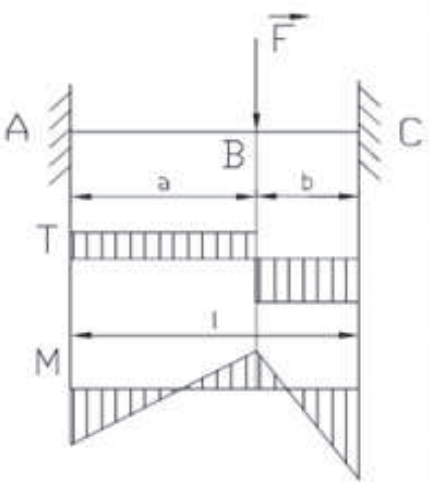
$$M_C = F \cdot d = 440 \cdot 0,171 = 75,24 \text{ Nm}$$

## II Nosník



Obr. 4.19 Silový rozbor a uvolnění nosníku II

Nosník II je staticky neurčitý. Metod řešení staticky neurčitých nosníků je celá řada například Castiglianova věta, diferenciální rovnice ohybové čáry a podobně. Pro speciální případy jsou odvozeny vzorce v tabulkách (obr. 4.20) [4].

Nosník	Ohybový moment M, natočení $\varphi$ , průhyb w, posouvající síla T, reakce Fr
	$M_A = -\frac{F a b^2}{l^2}$ $M_B = 2 \frac{F a^2 b^2}{l^3}$ $M_C = -\frac{F a^2 b}{l^3}$ $w_{max} = \frac{2F}{3EJ} \cdot \frac{a^3 b^2}{(3a + b)^2}$ $F_{RA} = \frac{F b^2}{l^3} \cdot (3a + b) = T_{AB}$ $F_{RC} = \frac{F a^2}{l^3} \cdot (3b + a) = -T_{BC}$

Obr. 4.20 Vzorke pro staticky neurčitý nosník [4]

Výsledné vnitřní účinky (obr. 4.19) [4]:

$$M_{Dx} = \frac{F_{Cz} \cdot (c \cdot (b - c)^2)}{b^2} = \frac{440 \cdot (0,378 \cdot (0,600 - 0,378)^2)}{0,600^2} \cong 22,77 \text{ Nm}$$

$$M_{Ex} = \frac{F_{Cz} \cdot (c^2 \cdot (b - c))}{b^2} = \frac{440 \cdot (0,378^2 \cdot (0,600 - 0,378))}{0,600^2} \cong 38,77 \text{ Nm}$$

$$F_{Dz} = \frac{F_{Cz} \cdot (b - c)^2}{b^3} \cdot [3c + (b - c)] = \frac{440 \cdot (0,600 - 0,378)^2}{0,600^3} \cdot [3 \cdot 0,378 + (0,600 - 0,378)]$$

$$\cong 136,12 \text{ N}$$

$$F_{Ez} = \frac{F_{Cz} \cdot c^2}{b^3} \cdot [3 \cdot (b - c) + c] = \frac{440 \cdot 0,378^2}{0,600^3} \cdot [3 \cdot (0,600 - 0,378) + 0,378] \cong 303,87 \text{ N}$$

$$\Sigma M_y = 0 \quad [5]$$

$$M_{Dy} - M_C + M_{Ey} = 0; M_{Dy} = M_{Ey}$$

$$M_{Dy} = M_{Ey} = \frac{M_C}{2} = \frac{75,24}{2} \cong 37,62 \text{ Nm}$$

Kontrola:

Maximální průhyb nosníku [6]:

$$d = \frac{F \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I \cdot 10^4} = \frac{440 \cdot 600^3}{192 \cdot 70000 \cdot 28,5 \cdot 10^4} \cong 0,025 \text{ mm}$$

napětí v ohybu nosníku [6]:

$$\sigma_{max} = 200 \text{ MPa}$$
$$\sigma = \frac{F \cdot L}{8 \cdot W \cdot 10^3} = \frac{440 \cdot 600}{8 \cdot 12,7 \cdot 10^3} \cong 2,598 \text{ MPa}$$

$$\sigma \leq \sigma_{max}$$

Nosník II splňuje podmínku nepřekročení maximálního napětí v ohybu.

Kontrola spojení s nosníkem III:

Zatížení spoje silou [6]:

$$F_{Dz} = 136,12 \text{ N}$$

$$F_{max} = 7000 \text{ N}$$

$$F_{max} > F_{Dz}$$

Podmínka nepřekročení maximální síly ve spoji je splněna.

Zatížení spoje ohybovým momentem [6]:

$$M_{Dx} = 22,77 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 750 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{Dx}$$

Podmínka nepřekročení maximálního ohybového momentu je splněna.

Zatížení spoje krutným momentem [6]:

$$M_{Dy} = 37,62 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 100 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{Dy}$$

Podmínka nepřekročení maximálního krouticího momentu je splněna.

Kontrola spojení s nosníkem IV:

Zatížení spoje silou [6]:

$$F_{Ez} = 303,87 \text{ N}$$

$$F_{max} = 7000 \text{ N}$$

$$F_{max} > F_{Ez}$$

Podmínka nepřekročení maximální síly ve spoji je splněna.

Zatížení spoje ohybovým momentem [6]:

$$M_{Ex} = 38,77 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 750 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{Ex}$$

Podmínka nepřekročení maximálního ohybového momentu je splněna.

Zatížení spoje krouticím momentem [6]:

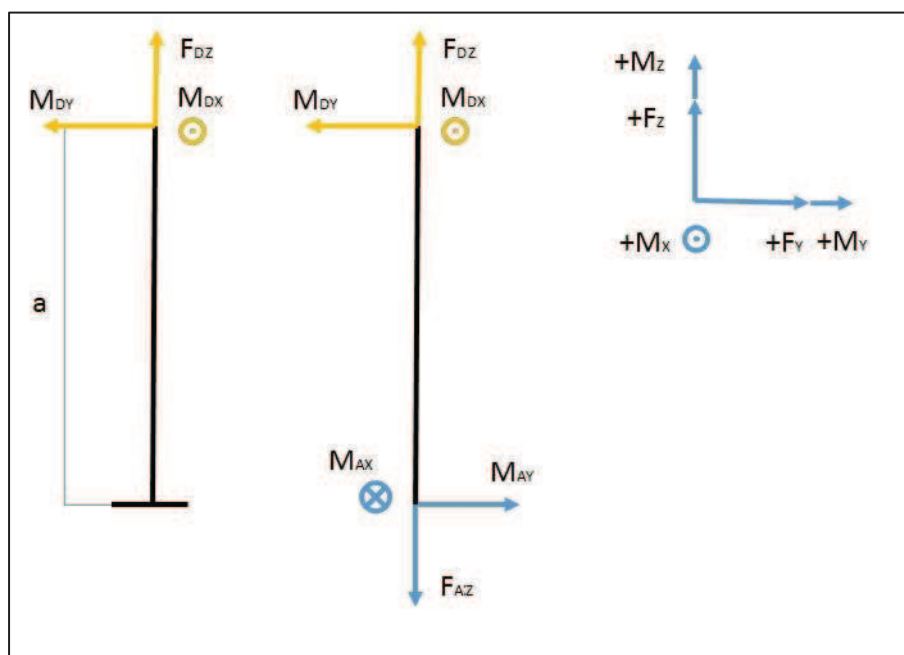
$$M_{Ey} = 37,62 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 100 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{Ey}$$

Podmínka nepřekročení maximálního ohybového momentu je splněna.

### III Nosník



Obr. 4.21 Silový rozbor a uvolnění nosníku III

Výsledné vnitřní účinky (obr. 4.21):

Podmínky rovnováhy:

$$\Sigma F_x = 0 \quad [5]$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad [5]$$

V osách x a y nepůsobí žádné síly

$$\Sigma F_z = 0 \quad [5]$$

$$F_{Dz} - F_{Az} = 0$$

$$F_{Az} = F_{Dz} \cong 136,12 \text{ N}$$

$$\Sigma M_y = 0 \quad [5]$$

$$-M_{Dy} + M_{Ay} = 0$$

$$M_{Ay} = M_{Dy} \cong 37,62 \text{ Nm}$$



$$M_x = 0 \quad [5]$$

$$M_{Dx} - M_{Ax} = 0$$

$$M_{Ax} = M_{Dx} \cong 22,77 \text{ Nm}$$


---

Kontrola nosníku:

Napětí v ohybu [6]:

$$\sigma_{max} = 200 \text{ MPa} \quad [6]$$

$$W_x = 12,7 \text{ cm}^3 \quad [6]$$

$$W_y = 22,2 \text{ cm}^3 \quad [6]$$


---

$$\sigma_x = \frac{M_{Ax} \cdot 10^3}{W \cdot 10^3} = \frac{22,77 \cdot 10^3}{12,7 \cdot 10^3} \cong 1,793 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = \frac{M_{Ay} \cdot 10^3}{W \cdot 10^3} = \frac{37,62 \cdot 10^3}{22,2 \cdot 10^3} \cong 1,695 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y \leq \sigma_x \leq \sigma_{max}$$

Nosník III splňuje podmínku nepřekročení maximálního napětí v ohybu.

Kontrola spojení se základní deskou:

Zatížení spoje silou [6]:

$$F_{Az} = 136,12 \text{ N}$$

$$F_{max} = 2 \cdot 4000 \text{ N} = 8000 \text{ N}$$

$$F_{max} > F_{Az}$$

Podmínka nepřekročení maximální síly ve spoji je splněna.

Zatížení spoje ohybovým momentem [6]:

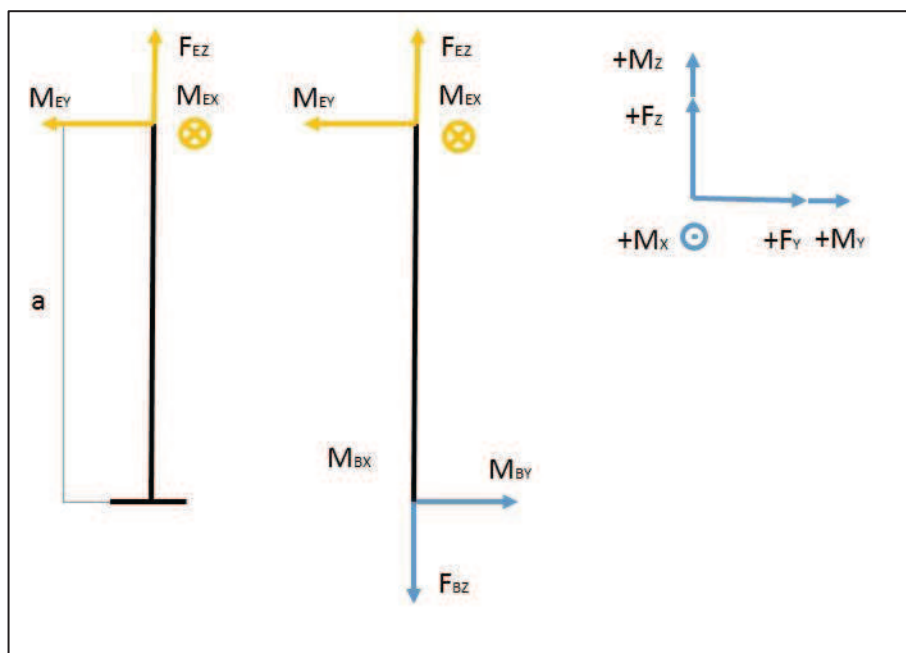
$$M_{Ay} = 37,62 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 180 + 360 = 540 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{Ay}$$

Podmínka nepřekročení maximálního ohybového momentu je splněna.

#### IV Nosník



Obr. 4.22 Silový rozbor a uvolnění nosníku IV

Výsledné vnitřní účinky (obr. 4.22):

Podmínky rovnováhy:

$$\Sigma F_x = 0 \quad [5]$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad [5]$$

V osách x a y nepůsobí žádné síly

$$\Sigma F_z = 0 \quad [5]$$

$$F_{Ez} - F_{Bz} = 0$$

$$F_{Bz} = F_{Ez} \cong 303,87 \text{ N}$$

$$\Sigma M_y = 0 \quad [5]$$

$$-M_{Ey} + M_{By} = 0$$

$$M_{By} = M_{Ey} \cong 37,62 \text{ Nm}$$

$$\Sigma M_x = 0 \quad [5]$$

$$M_{Ex} - M_{Bx} = 0$$

$$M_{Bx} = M_{Ex} \cong 38,77 \text{ Nm}$$

Kontrola nosníku:

Napětí v ohybu [6, 7]:

$$\sigma_{max} = 200 \text{ MPa} \quad [6]$$

$$W_x = 12,7 \text{ cm}^3 \quad [6]$$

$$W_y = 22,2 \text{ cm}^3 \quad [6]$$

---

$$\sigma_x = \frac{M_{Bx} \cdot 10^3}{W \cdot 10^3} = \frac{38,77 \cdot 10^3}{12,7 \cdot 10^3} \cong 3,053 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = \frac{M_{By} \cdot 10^3}{W \cdot 10^3} = \frac{37,62 \cdot 10^3}{22,2 \cdot 10^3} \cong 1,695 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y \leq \sigma_x \leq \sigma_{max}$$

Nosník IV splňuje podmínku nepřekročení maximálního napětí v ohybu.

Kontrola spojení se základní deskou:

Zatížení spoje silou [6]:

$$F_{Bz} = 303,87 \text{ N}$$

$$F_{max} = 2 \cdot 4000 \text{ N} = 8000 \text{ N}$$

$$F_{max} > F_{Bz}$$

Podmínka nepřekročení maximální síly ve spoji je splněna.

Zatížení spoje ohybovým momentem [6]:

$$M_{By} = 37,62 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 180 + 360 = 540 \text{ Nm}$$

$$M_{max} > M_{By}$$

Podmínka nepřekročení maximálního ohybového momentu je splněna.

Pro konstrukci nosného rámu jsou voleny hliníkové profily firmy HEPCO. Ty jsou, pro zvýšení pevnosti celé konstrukce, spojovány pomocí prefabrikovaných dílů stejného výrobce.

Průřez hliníkového profilu je volen s ohledem na napětí vznikající při montáži projektorové jednotky v nosnících a spojovacích prvcích. A s ohledem na zástavbové možnosti celého montážního pracoviště. Vzhledem k tomu, že všechny kontrolní výpočty vycházejí s velkou rezervou, lze tedy předpokládat, že konstrukce je schopna pracovní cyklus stroje vydržet.

## 4.6 Kinematická kontrola funkčnosti

### Kinematika projektoru

Rozšířené plochy rámečku jsou konstruovány tak, aby bylo dodrženo interní Varroc pravidlo o minimální přípustné vzdálenosti dílů uvnitř světlometů a velikosti spár jsou překontrolovány v CAD modelu.

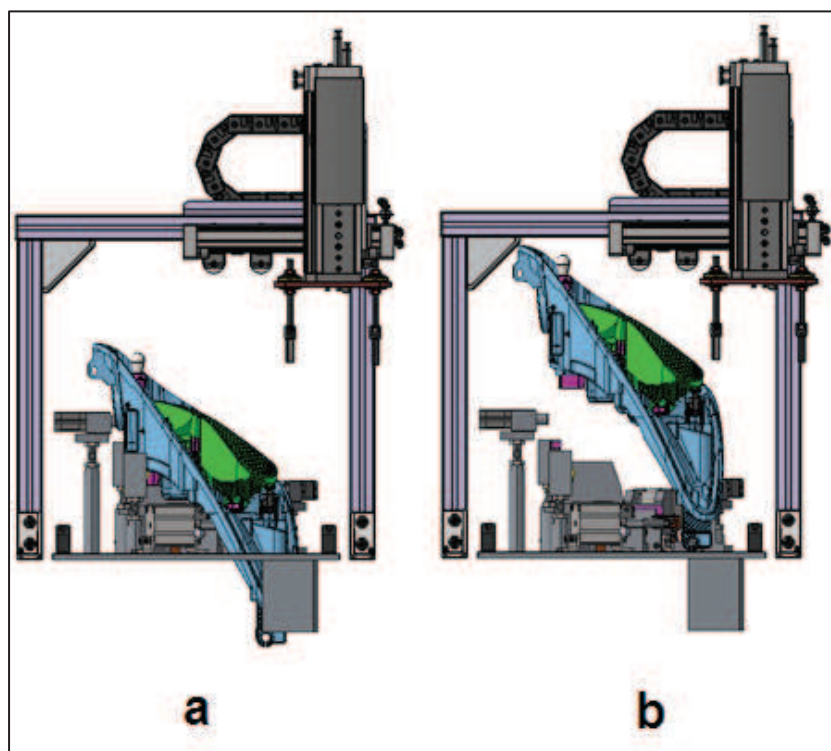
Při největším možném přiblížení k okolním dílům je mezera mezi rámečkem a maskou 2,1 mm, mezi rámečkem a tělesem 1,0 mm. Zde je výjimka z pravidla z důvodu vytvoření větší dosedací plochy. Toto je možné na základě toho, že je těleso v tomto místě stabilní a při vibracích nemůže dojít k dotyku obou dílů, rovněž tato relativně malá plocha výrazněji neovlivní proudění vzduchu ve světlometu.

### Kinematika lampy v přípravku

Na této montážní lince se vyrábí čtyři verze světlometů low-low, low, mid a high. Vzhledem k tomu, že je výroba čtyř přípravků zbytečně finančně náročná a čas nutný na výměnu nástrojů při přechodu výroby na jinou verzi by taktéž zbytečně zvyšoval náklady, je na lince použit jeden univerzální přípravek. K upnutí se využívá ploch, které jsou pro všechny verze stejné, proto není nutné přípravek při změně výroby měnit, ani upravovat. Je nutné, aby při zakládání podsestavy pouzdra všech verzí, nedošlo ke kolizi s konstrukcí nového přípravku.

### Low verze

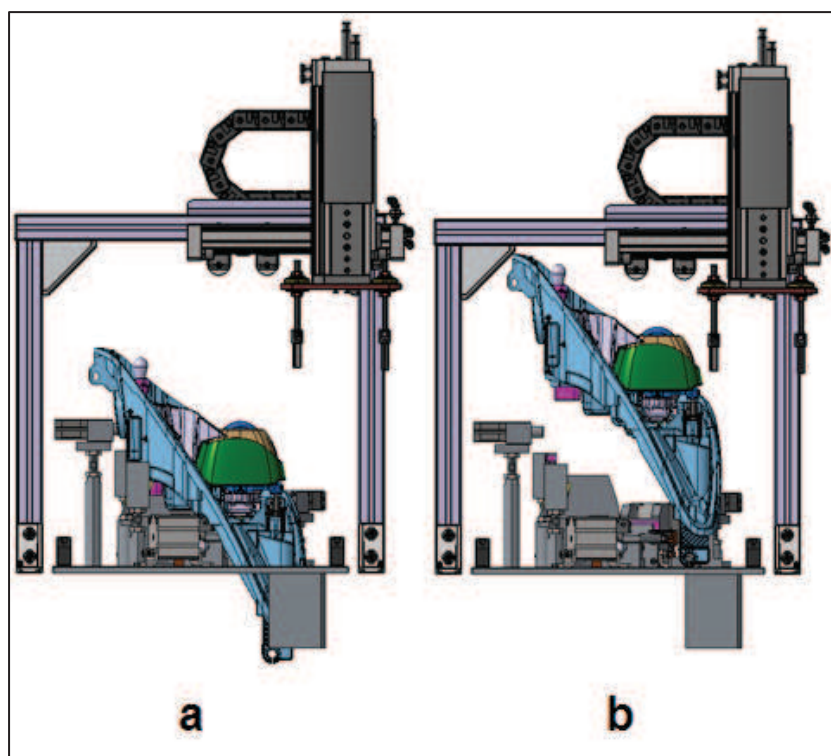
Low a mid verze se liší v tomto stavu rozpracované podsestavy pouze tvarem reflektoru pro potkávací a dálkovou funkci světlometu. Proto je pro ověření vybrána pouze jedna varianta a to ta, která má zmíněný reflektor větší, což je low verze.



Obr. 4.23 Simulace vyjmutí low verze z přípravku

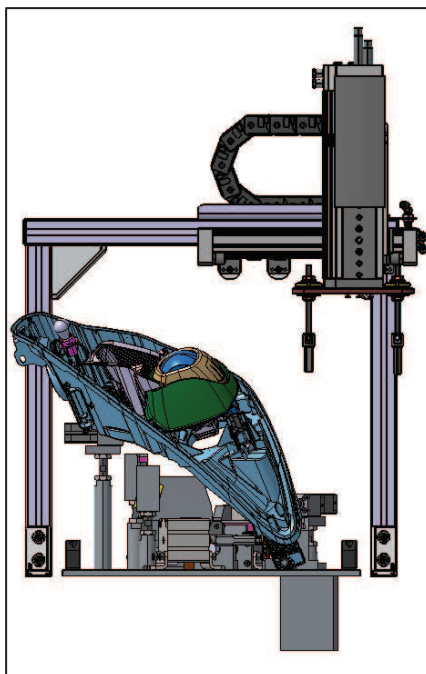
V CAD datech je ověřeno, že podstavu pouzdra s osazeným reflektorem je možno z přípravku vyjmout bez kolizí s okolním (viz obr. 4.23).

#### High verze



Obr. 4.24 Simulace vyjmutí high verze z přípravku

U high verze vzniká při vytažení podsestavy z přípravku nebezpečí dotyku zatlačovacího trnu a projektorové jednotky. Při přímém pohybu vzhůru je nejmenší mezera mezi přípravkem a projektorem 25 mm (viz obr. 4.24). Proto musí být podsestava vyjímána z přípravku kombinovaným pohybem tak, aby bylo riziko minimalizováno (viz obr. 4.25).



*Obr. 4.25 Simulace vyjmutí high verze z přípravku kombinovaným pohybem*



## **5 Zpracování výkresové dokumentace navržené varianty**

### **přípravku**

Celá sestava přípravku je smontována z mnoha součástí. Některé jsou normalizované, jako šrouby, matice, některé je možno objednat jako konstrukční celek přímo od dodavatele (pneumatické pohonné jednotky, díly pro vedení stlačeného vzduchu) a některé je nutné vyrobit speciálně pro potřeby tohoto přípravku. Součástí této diplomové práce je výkresová dokumentace všech vyráběných dílů, výkresy jsou součástí příloh.

Pro sestavení celého přípravku je zapotřebí 44 různých dílů od nejmenších, které váží od pár gramů až po šesti kilogramový pracovní píst. Celá sestava váží 25 kg bez dílů, které je nutné přidat na montážní stanici pro zapojení a vedení stlačeného vzduchu.

Schéma zapojení vzduchu je vypracováno ve spolupráci s firmou FESTO a za pomoci online konfigurátoru QuickSearch. Schéma je rovněž součástí dokumentů v příloze této diplomové práce. Zapojení je navrženo na stupeň bezpečnosti 3 podle příručky FESTO: Safety engineering guidelines [8], což je nejvyšší možný stupeň ochrany.

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení navržené varianty

### 6.1 Technické zhodnocení

Takt linky před změnou je 43,8 vteřin. Operace předmontáže modulu a převodů trvá 38-40 vteřin. Vybalení, úchop a kontrola modulu je normováno na 10 s, na vložení a nakontaktování projektorové jednotky 20 s. Zbytek času je na navlečení pastorků na lisovací trny, montáž žárovky, založení a odložení pouzdra.

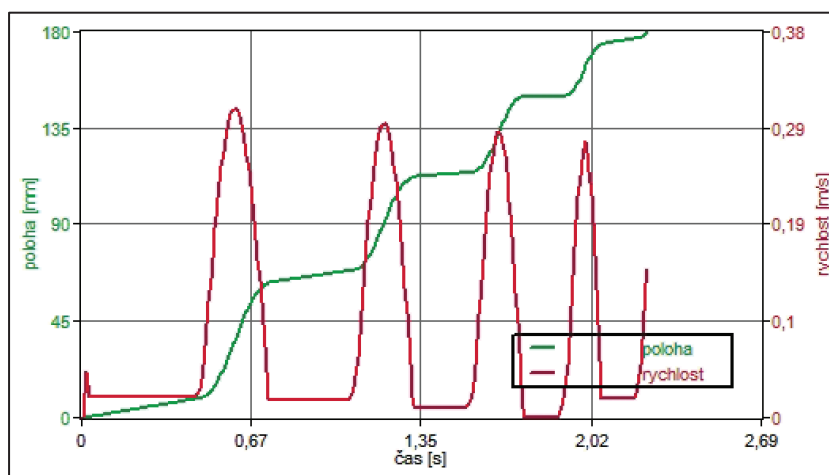
Důvodem přidání nového mechanismu do pracovní stanice není úspora finanční ani časová. Hlavním důvodem je snížení ergonomické náročnosti operace montáže projektorové jednotky.

Pracovní postup operace se změní, aby nebyl výrobní takt linky překročen. Projektor bude montován souběžně s lisováním pastorků. Projektorová jednotka bude kontrolována během pracovního času stroje.

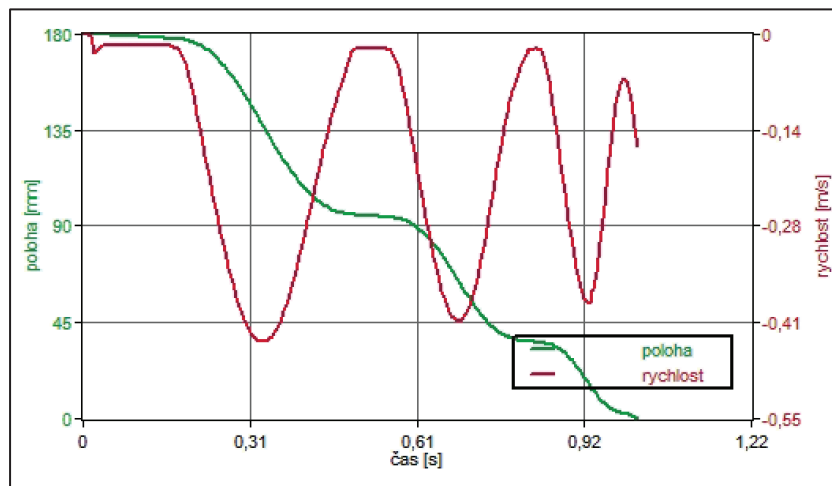
#### pracovní časy pneumatických pístů

Simulace pracovního cyklu pístu jsou zpracovány pomocí online konfiguratoru firmy FESTO (pro horizontální [11], pro vertikální [12]).

V konfiguratoru se po zadání požadovaných součástí a zatížení zadává čas, za který má pracovní píst dojet ze startovací pozice do pozice koncové. U horizontálního pístu musí být požadovaný čas vysunutí prodloužen, aby klesla energie nárazu v koncovém bodu pod kritickou hodnotu. U zasunutí nebyla tato hodnota překročena ani v původní časové konfiguraci. Čas nutný pro vysunutí je 2,236 s (viz obr. 6.1) a zasunutí 1,013 s (viz obr. 6.2). Pohybovaná hmotnost je  $m=11,392$  kg.

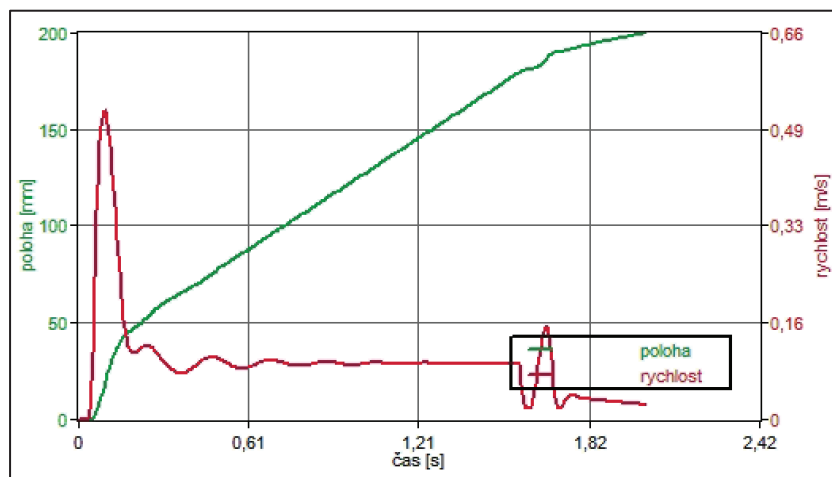


Obr. 6.1 Graf rychlosti a polohy při vysunutí horizontálního pístu [11]

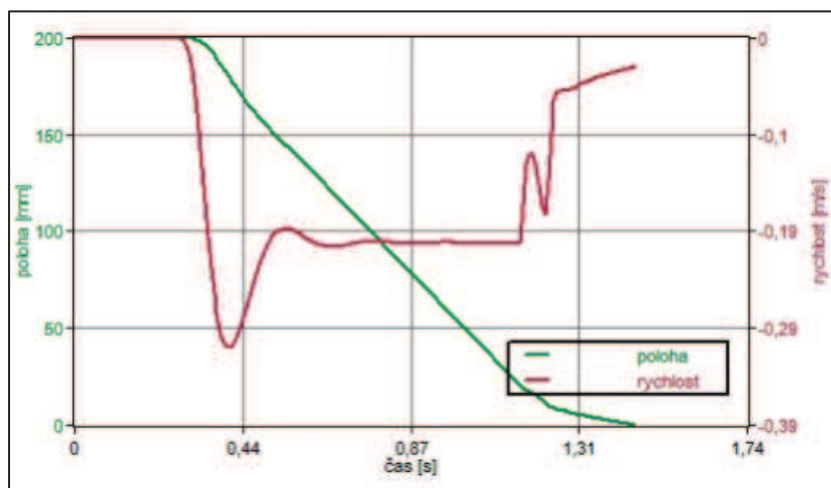


Obr. 6.2 Graf rychlosti a polohy při zasunutí horizontálního pístu [11]

Pro píst vertikální je záměrně volen čas pohybu vyšší, aby dosahované posuvové rychlosti nebyly příliš vysoké a zatlačovací trny nenarážely s příliš velkou energií na dosedové plochy rámečku projektorové jednotky. Čas vysunutí v simulaci tedy vychází na 2,014 s (viz obr. 6.3) a čas zasunutí je 1,449 s (viz obr. 6.4). Pohybovaná hmotnost je v tomto případě  $m=4.271$  kg.



Obr. 6.3 Graf rychlosti a polohy při vysunutí vertikálního pístu [12]



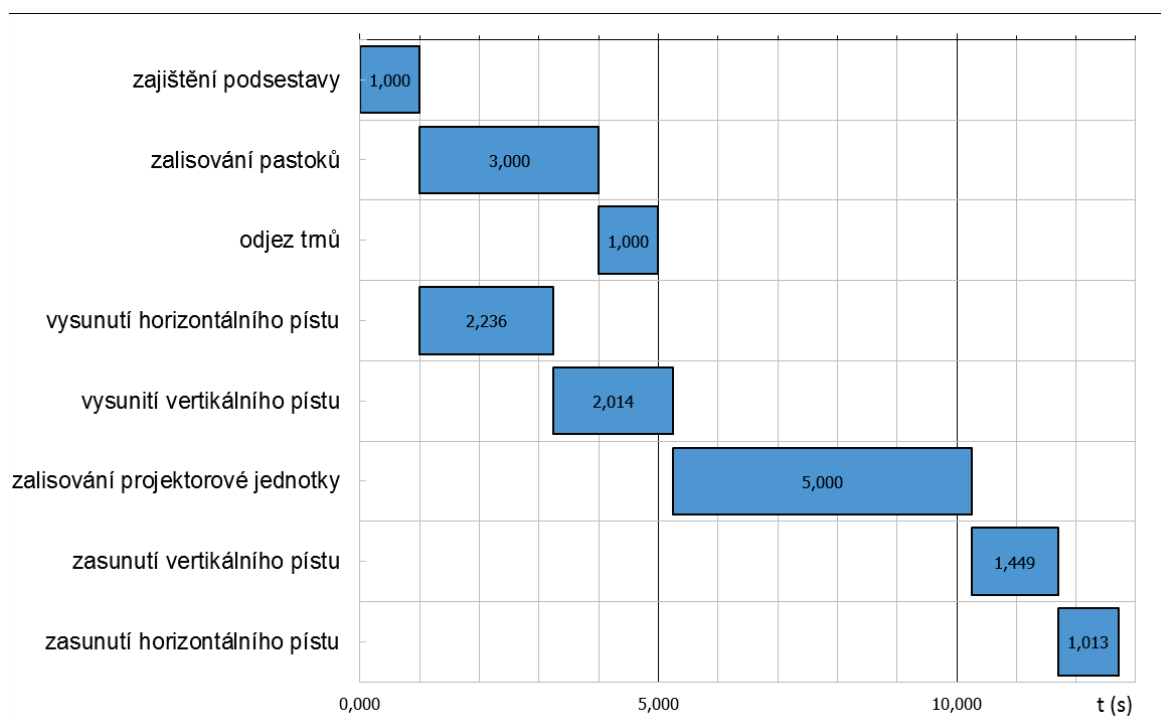
Obr. 6.4 Graf rychlosti a polohy při zasunutí vertikálního pístu [12]

Celý automatizovaný cyklus stroje začíná zachycením podsestavy pneumatickými písty. Poté následuje souběžně cyklus zalisování pastorků a cyklus zatlačení projektorové jednotky. Pastorek je zalisován přímočarým pohybem pracovních pístů se zatlačovacími trny, které po dokončení odjíždějí do výchozí polohy.

Cyklus přípravku, který montuje projektorovou jednotku je:

1. Vysunutí horizontálního pístu,
2. vysunutí vertikálního pístu,
3. zalisování a dotlačení projektorové jednotky,
4. zasunutí vertikálního pístu,
5. zasunutí vertikálního pístu.

Délka automatizovaného cyklu je 12,712 s (viz obr. 6.5).



Obr. 6.5 Technologická a časová posloupnost úkonů automatizovaného cyklu

### Návrh nového technologického postupu OP001.3.

Po zařazení nové montážní jednotky do výrobní linky je nutno změnit pracovní postup operace OP001.3. Pro úsporu času je projektorová jednotka zakomponována do podsestavy housingu v jednom pracovním úkonu společně se zalisováním seřizovacích pastorků.

Nový pracovní postup je tedy následující:

1. Pastorky nasadit na lisovací trny přípravku,
2. podsestavu pouzdra vložit do přípravku,
3. vyjmout projektor z bedny,
4. připojit konektory kabeláže,
5. zpětným zatažením ověřit správnou aretaci konektorů,
6. stlačit ovládací prvek pro zajištění pastorků do pouzdra a zajištění projektorové jednotky na kulové čepy,
7. uchopit žárovku PY21W, vložit jí do objímky a pootočením zajistit.

Dále výrobek postupuje výrobní linkou beze změny technologického postupu jednotlivých operací až po finální sestavu.

## 6.2 Ekonomické zhodnocení

Celkové náklady se skládají z ceny přípravku samotného, úpravy rámečku projektoru a z ceny na díly pro oživení pneumatických pohonů. V této práci není počítáno s náklady na úpravu současného software pracovní stanice, ty budou jasné, až při ladění přípravku na stroji.

Náklady na úpravu nástroje pro výrobu plastového rámečku jsou vyčísleny dodavatelem tohoto dílu na 83 700 Kč bez DPH, kdy je termín dodání 6 týdnů od závazné objednávky. Cena za přípravek je vyčíslena výrobcem na 68 700 Kč bez DPH. Cena veškerého pneumatického zařízení je stanovena na 16 159 Kč. Celkové náklady jsou tedy 168 559 Kč.

I pokud se sníží čas operace, nedojde ke snížení celkového taktu linky, protože úzké místo celé linky je při jiné operaci. Proto se nepředpokládá finanční úspora a tím ani návratnost vynaložených prostředků. Přínos tohoto přípravku je ve snížení ergonomického zatížení na pracovníky linky. Toto je hlavní a prioritní důvod pro zavedení tohoto přípravku.



## 7 Závěr

Cílem této práce bylo zpracovat návrh pomocného mechanismu pro montáž projektorové jednotky do podstavy pouzdra na proudové lince. Mechanismus byl dimenzován tak, aby se rozměrově vešel do již existující pracovní stanice, kde je doposud operace montáže projektoru vykonávána manuálně.

Součástí cílů práce bylo navrhnout úpravy nosného rámečku projektoru. Rozšiřující packy byly navrženy tak, aby byla vůči okolním dílům v sestavě světlometu vždy mezera, která by zabráňovala kontaktu s okolní zástavbou. Pevnost rozšiřujících ploch byla ověřena CAE výpočtem.

Vhodnost pneumatických pístů byla potvrzena na základě výpočtů kritických veličin a porovnáním s maximálními hodnotami, které udává výrobce pístů ve svých katalozích. Správnost návrhu nosné konstrukce byla prověřena statickým výpočtem a zjištěním výsledných vnitřních účinků sil a momentů.

V části technologického zhodnocení byl navržen nový postup výrobní operace, která je na pracovišti vykonávána, výsledný čas operace nepřevyšuje čas taktu linky. Cílem přidání mechanismu nebylo snížení výrobních nákladů nebo zkrácení strojního času. Výsledným efektem nového přípravku je snížení ergonomické zátěže a zvýšení kvality výroby, kdy se zabrání výskytu vad jako otisky prstů na pokovených dílech a čochy, či škrábance na čočce projektoru.

## 8 Seznam použité literatury

- [1] O nás. *Www.varroclighting.com* [online]. Šenov u Nového Jičína: Varroc Lighting Systems, 2016 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/aboutUs/SitePages/AboutUs.aspx>
- [2] PETRŮ, J. a R. ČEP. *Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montážních prací: studijní opora "Montážní práce a automatizace montážních prací"* [CD-ROM]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2707-0.
- [3] *Vývoj a konstrukce světlometů* [online]. Mladá Boleslav: Škoda auto, 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/20229404-Vyvoj-a-konstrukce-svetlometu-skoda-auto-a-s.html>
- [4] DOBROVOLNÝ, B., SCHMIDT, Z., *Strojnické tabulky pro střední školy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1955, 627 s.
- [5] ONDRÁČEK, E. a Z. FLORIAN. *Mechanika těles - statika*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986.
- [6] *MCS aluminium frame and machine construction system including MFS fencing system* [online]. Devon: Hepco Side Systems, 2006, 68 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://cdn.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/HEPCO/10-01022007-111372/Documents/MCS.pdf>
- [7] ŠČERBOVÁ, M. a V. PAVELKA. *Namáhání na ohyb* [online]. 2013, 7 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/texty/texty/MEC/15\\_MEC\\_NAMAHA\\_NI\\_NA\\_OHYB\\_2\\_ROCNIK\\_1\\_CAST-UT.pdf](https://www.spszengrova.cz/texty/texty/MEC/15_MEC_NAMAHA_NI_NA_OHYB_2_ROCNIK_1_CAST-UT.pdf)
- [8] *Safety engineering guidelines: Pneumatic and electric solutions* [online]. Islandia (New Yoork): Festo, 2013, 82s [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/13541/Sicherheitstechnik%20135242%202013-03%20EN%20S.pdf>
- [9] *Přední světlomety* [online]. Šenov u Nového Jičína: Varroc Lighting Systems, 2016 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/product/SitePages/Headlamps.aspx>
- [10] *Přímočaré pohony DGC* [online]. Islandia (New Yoork): Festo, 2016, 80s [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DGC\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DGC_CZ.PDF)
- [11] *Přímočarý pohon DGC* [online]. Islandia (New Yoork): Festo, 2016 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_DGC?CurrentIDCode1=DGC-25-180-KF-PPV-A&CurrentPartNo=532447](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DGC?CurrentIDCode1=DGC-25-180-KF-PPV-A&CurrentPartNo=532447)
- [12] *Sáně mini DGSL* [online]. Islandia (New Yoork): Festo, 2016 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_DGSL?CurrentIDCode1=DGSL-25-200-Y3A&CurrentPartNo=544054](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DGSL?CurrentIDCode1=DGSL-25-200-Y3A&CurrentPartNo=544054)
- [13] *Saně mini DGSL* [online]. Islandia (New Yoork): Festo, 2016, 54s [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DGSL\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DGSL_CZ.PDF)
- [14] Podnikové normy a interní dokumentace Varroc Lighting Systems s.r.o.

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1.1 Světlomet Ford Focus nejvyšší high verze.....	10
Obr. 1.2 Rozdělení montážních činností .....	11
Obr. 1.3 Schéma montážních prvků zařízení .....	11
Obr. 1.4 Diagramy výroby světlometu .....	13
Obr. 1.5 Montážní postup světlometu Focus pravá strana .....	14
Obr. 1.6 Operace OP001.3.....	15
Obr. 1.7 Konektor LIN driveru.....	15
Obr. 1.8 Klip na kabeláži .....	16
Obr. 1.9 Konektor AFS motorku .....	16
Obr. 1.10 Konektor vysokonapěťového konektoru.....	16
Obr. 1.11 Lokační prvky projektorové jednotky v sestavě pouzdra .....	17
Obr. 1.12 Lokační prvky projektorové jednotky.....	17
Obr. 2.1 Montážní stanice .....	18
Obr. 2.2 Zakládací a montážní přípravek.....	19
Obr. 3.1 Porovnání SIBS a SIBS HP .....	21
Obr. 3.2 Měření zatlačovacích sil SIBS .....	22
Obr. 3.3 Měření zatlačovacích sil kovového pívotu do SIBS HP .....	22
Obr. 3.4 Varianta řešení s jedním vertikálně pohyblivým pístem.....	23
Obr. 3.5 Řez pracovní stanicí s osazeným přípravkem s jedním pracovním pístem .....	24
Obr. 3.6 Varianta s rotačním a vertikálním pohybem .....	25
Obr. 3.7 Varianta s vertikálním a horizontálním pístem .....	26
Obr. 4.1 Zakládací přípravek .....	28
Obr. 4.2 Pouzdro umístěné do přípravku před operací montáže projektorové jednotky ...	28
Obr. 4.3 Pouzdro umístěné do přípravku po operaci montáže projektorové jednotky .....	29
Obr. 4.4 Náhled na založenou podsestavu ve směru osy z .....	30
Obr. 4.5 Seřizovací okno .....	31
Obr. 4.6 Limit designu vlivem velikosti vložky formy .....	32
Obr. 4.7 Změna designu rámečku .....	32
Obr. 4.8 Výztužní žebra.....	33
Obr. 4.9 CAE simulace.....	33
Obr. 4.10 Zástavba podsestavy světlometu.....	34
Obr. 4.11 Profil zatlačovacího trnu 1 .....	35
Obr. 4.12 Profil zatlačovacího trnu 2 .....	36
Obr. 4.13 Mechanismus seřizování trnů .....	36
Obr. 4.14 Výřez z katalogu pístu DGSL .....	38
Obr. 4.15 Výřez z katalogu pístu DGC-KF .....	39

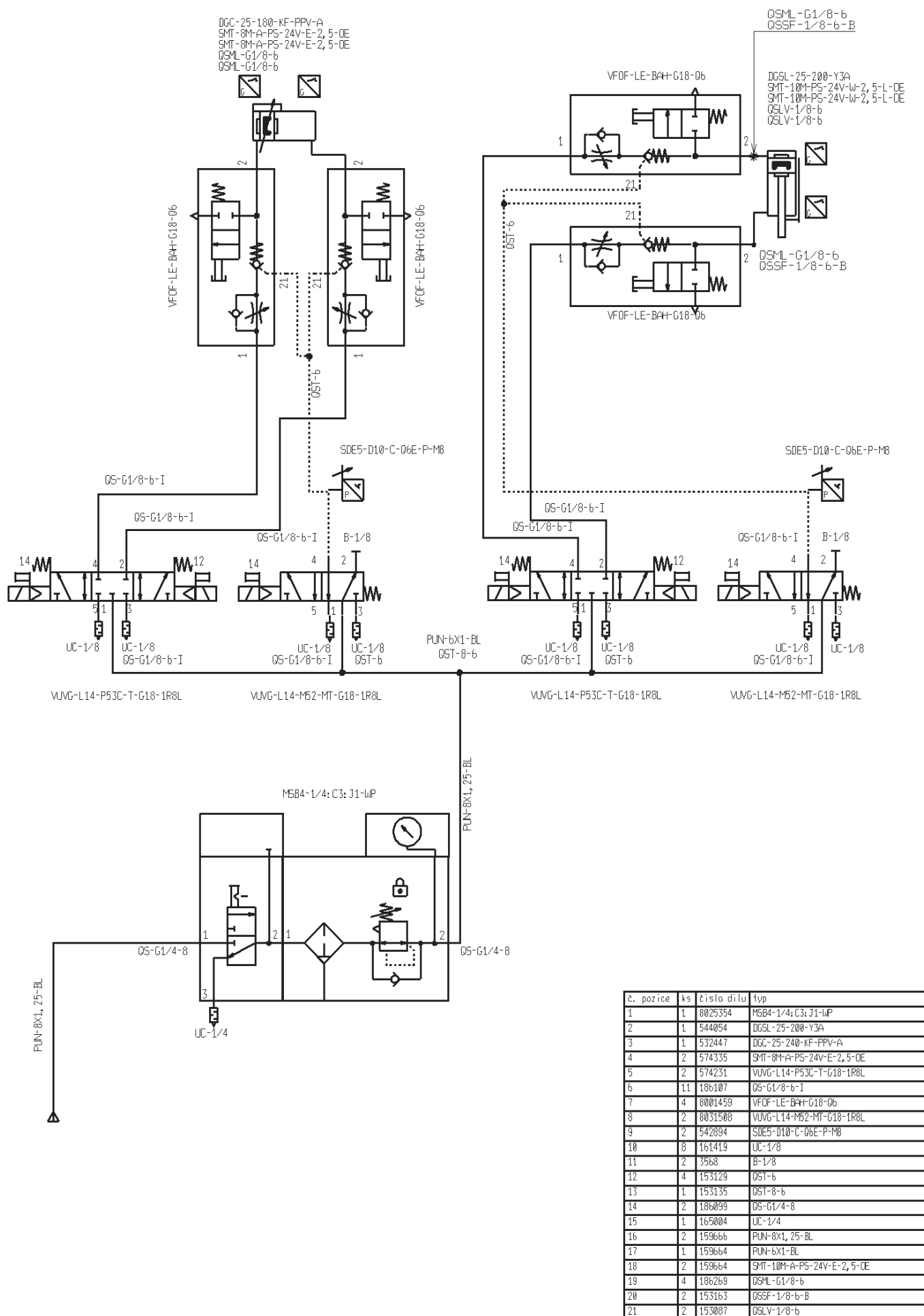
Obr. 4.16 Maximální možná vzdálenost těžiště zátěže od pístu DGC-KF .....	39
Obr. 4.17 Rozložení sil a reakcí při montáži projektorové jednotky .....	40
Obr. 4.18 Silový rozbor a uvolnění nosníku I .....	40
Obr. 4.19 Silový rozbor a uvolnění nosníku II .....	41
Obr. 4.20 Vzorce pro staticky neurčitý nosník .....	42
Obr. 4.21 Silový rozbor a uvolnění nosníku III .....	44
Obr. 4.22 Silový rozbor a uvolnění nosníku IV .....	46
Obr. 4.23 Simulace vyjmutí low verze z přípravku .....	49
Obr. 4.24 Simulace vyjmutí high verze z přípravku .....	49
Obr. 4.25 Simulace vyjmutí high verze z přípravku kombinovaným pohybem .....	50
Obr. 6.1 Graf rychlosti a polohy při vysunutí horizontálního pístu .....	52
Obr. 6.2 Graf rychlosti a polohy při zasunutí horizontálního pístu .....	53
Obr. 6.3 Graf rychlosti a polohy při vysunutí vertikálního pístu .....	53
Obr. 6.4 Graf rychlosti a polohy při zasunutí vertikálního pístu .....	54
Obr. 6.5 Technologická a časová posloupnost úkonů automatizovaného cyklu .....	55

## 10 Seznam příloh

Příloha A:	Schéma pneumatického zapojení
Příloha B:	Protokol DGC vyjetí
Příloha C:	Protokol DGC zajetí
Příloha D:	Protokol DGSL vyjetí
Příloha E:	Protokol DGSL zajetí

### Výkresová dokumentace:

Příloha F:	00001	Zatlačovací trn 1
Příloha G:	00002	Zatlačovací trn 2
Příloha H:	00003	Nosná deska
Příloha I:	00004	Čep 6X20,5
Příloha J:	00007	Noha závitová
Příloha K:	00012	Čep seřizovací
Příloha L:	00018	Unášecí deska
Příloha M:	00021	Držák vedení horní
Příloha N:	00029	Držák vedení spodní
Příloha O:	00030	Vedení boční
Příloha P:	00031	Držák přívodu vzduchu
Příloha Q:	00033	L-držák
Příloha R:	00039	Stojna profilová 45X90 L576,5
Příloha S:	00041	Příčník profilový 45X90 L645
Příloha T:	00045	Montážní přípravek – sestava
Příloha U:	CD-ROM s textem práce, CAD daty přípravku, výkresovou dokumentací a přílohami	





## zadání hodnot - systémové parametry

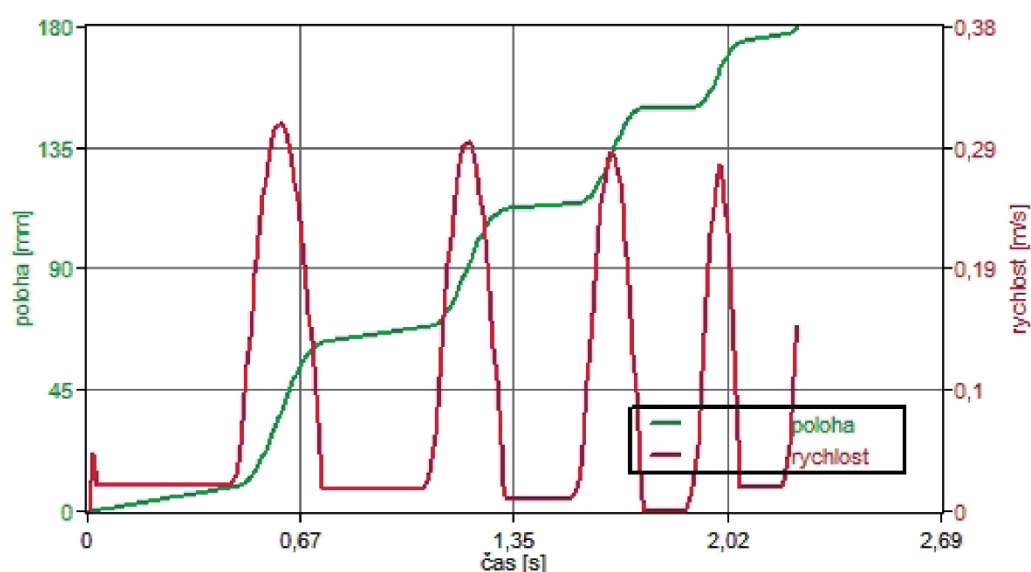
požadovaný zdvih	0.18 m	směr pohybu	vyjetí
pohybovaná hmotnost	11 kg	provozní tlak	6 bar
vzdálenost/rameno páky X	0 mm	vzdálenost/rameno páky Y	0 mm
vzdálenost/rameno páky Z	33 mm		
osový úhel montáže	0 deg	radiální úhel montáže	90.0000000000002 deg

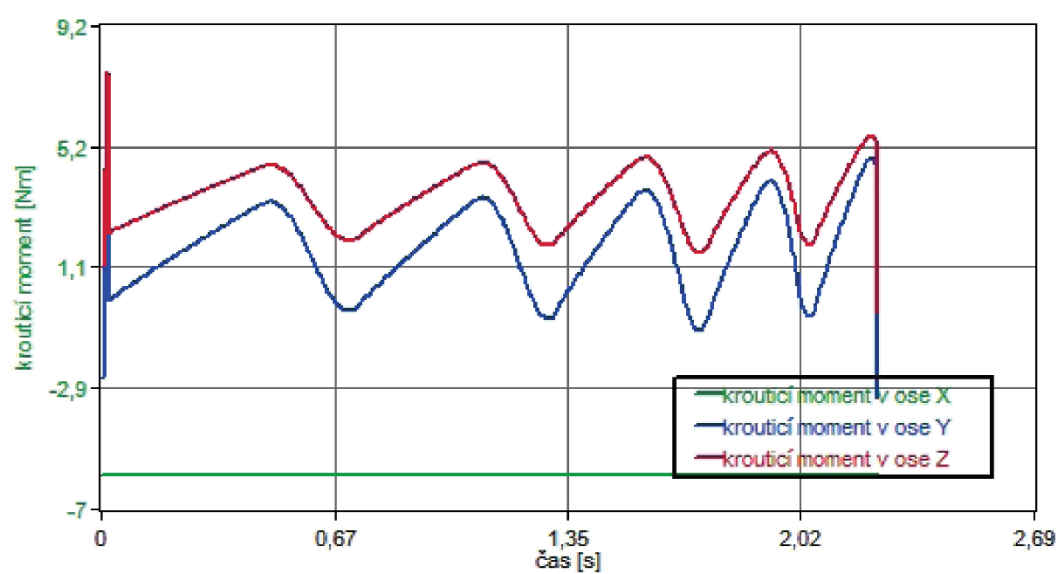
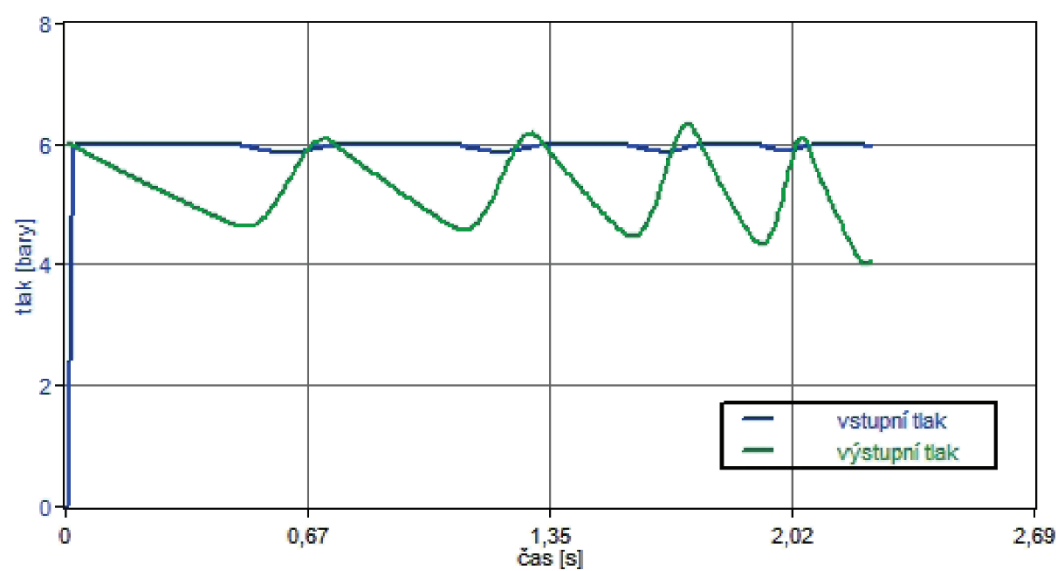
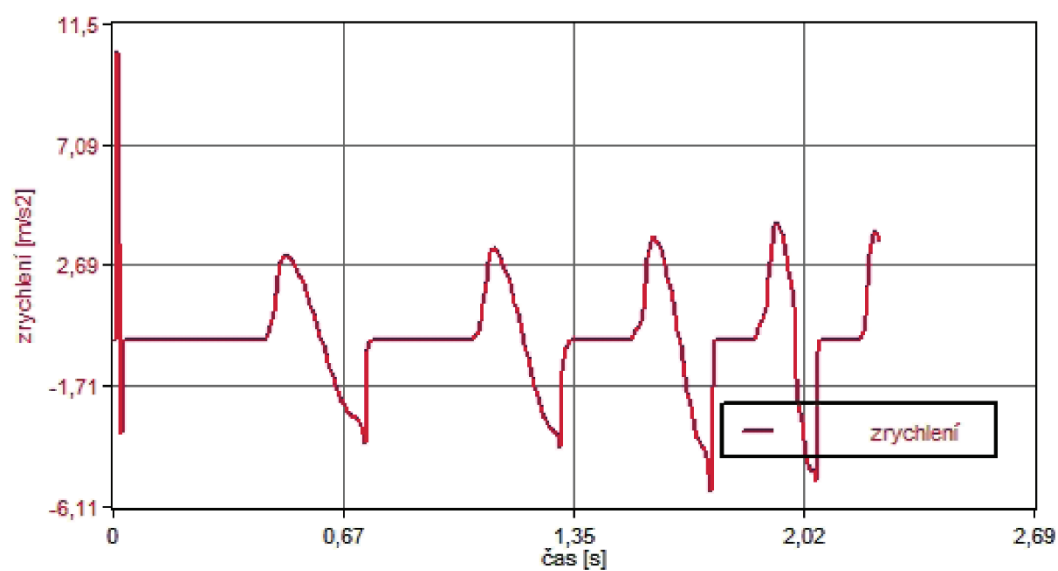
## kusovník

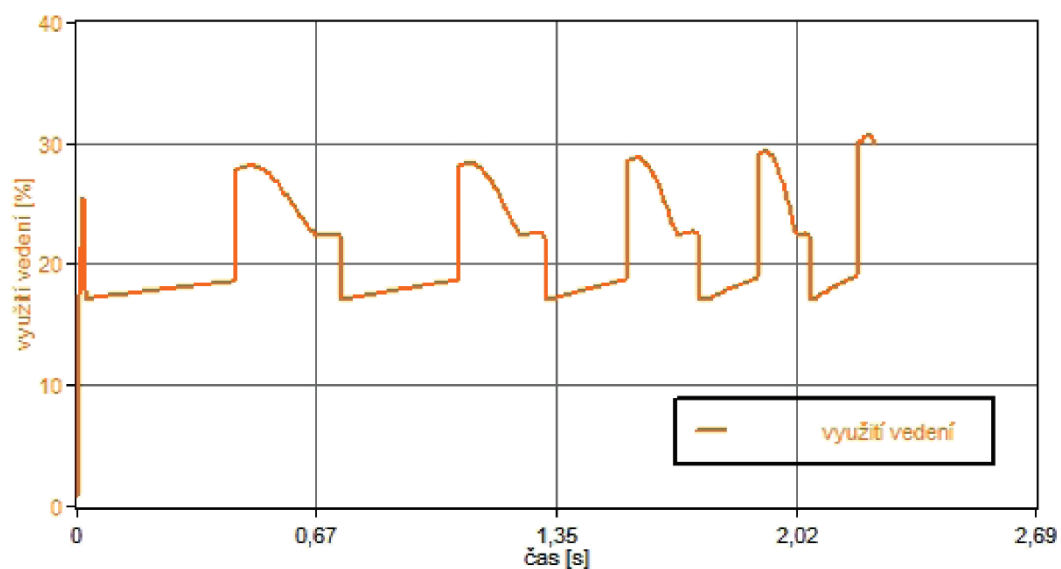
pohon	DGC-25-180-KF-PPV-A	532447		
škrtkicí zpětný ventil	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	nastavení:	průtok 3.2 otevření - otáčky
ventil	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
tlumič hluku	U -1/8	2307		
hadice [válec > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	1 m
šroubení1	QS-1/8-8	153004		
hadice [zdroj > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	0.5 m
šroubení2	QS-1/8-8	153004		

## vypočtené výsledky

celkový čas pro dosažení polohy	2.236 s	rychlost nárazu	0.146 m/s
průměrná rychlost	0.080 m/s	max. rychlost	0.305 m/s
spotřeba vzduchu na cyklus	1.707 l		
nastavení PPV	100 %		
kin. energie nárazu	0.125 J		







Festo nemůže převzít záruky za škody, vzniklé díky použití nebo nepoužití tohoto software - i v případě chyb. Toto platí i tehdy, pokud byla chyba firmě Festo známa.

Pomocí tohoto programu získaná data a výsledky slouží jen k popisu výrobku a nepředstavují zaručené vlastnosti v právním smyslu.

## zadání hodnot - systémové parametry

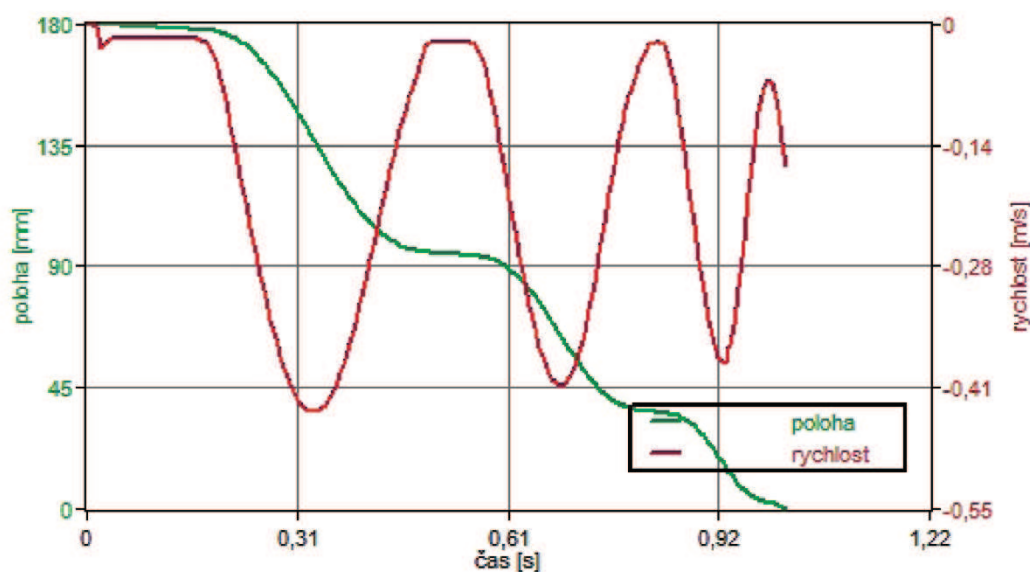
požadovaný zdvih	0.18 m	směr pohybu	zajižďet
pohybovaná hmotnost	11 kg	provozní tlak	6 bar
vzdálenost/rameno páky X	0 mm	vzdálenost/rameno páky Y	0 mm
vzdálenost/rameno páky Z	33 mm		
osový úhel montáže	0 deg	radiální úhel montáže	90.0000000000002 deg

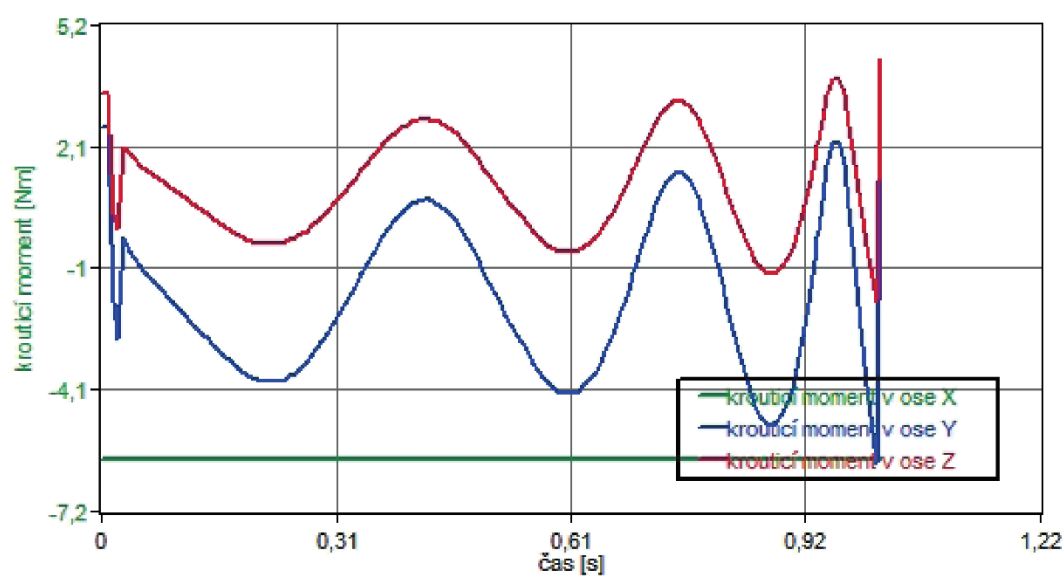
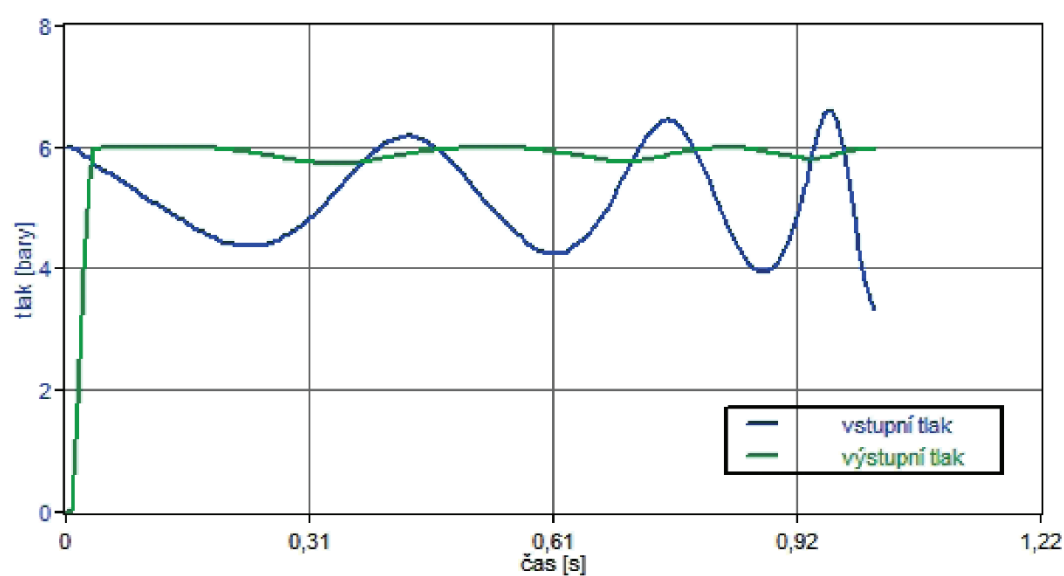
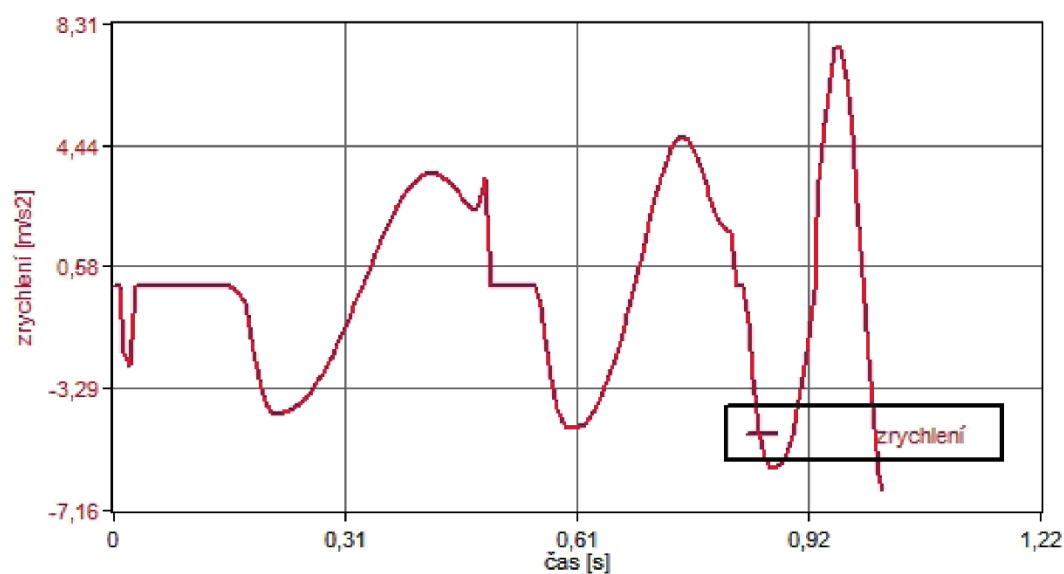
## kusovník

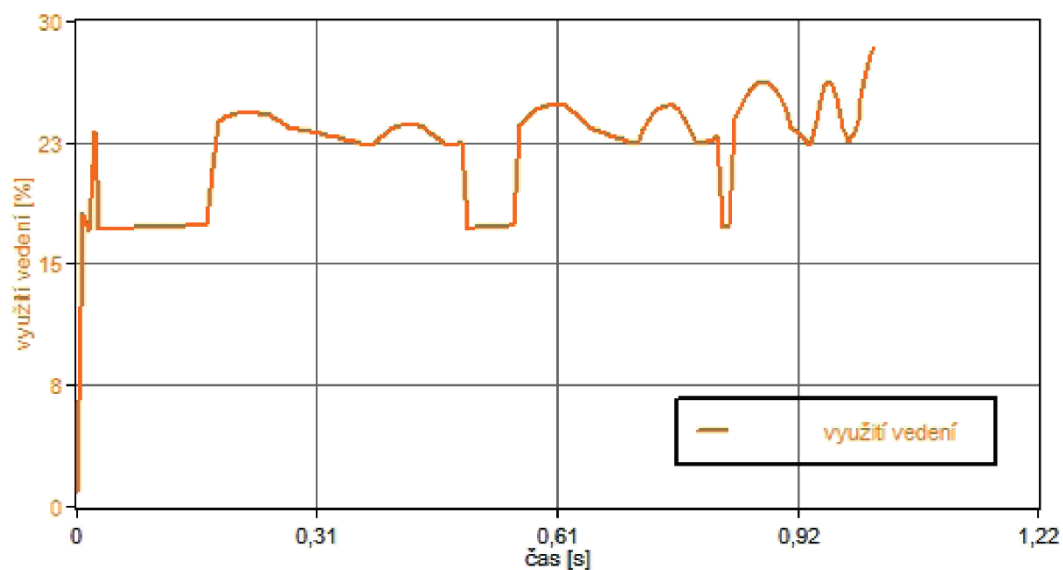
pohon	DGC-25-180-KF-PPV-A	532447		
škrticí zpětný ventil	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	nastavení:	průtok 4.4 otevíření - otáčky
ventil	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
tlumič hluku	U -1/8	2307		
hadice [válec > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	1 m
šroubení1	QS-1/8-8	153004		
hadice [zdroj > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	0.5 m
šroubení2	QS-1/8-8	153004		

## vypočtené výsledky

celkový čas pro dosažení polohy	1.013 s	rychlost nárazu	-0.162 m/s
průměrná rychlost	0.180 m/s	max. rychlost	0.440 m/s
spotřeba vzduchu na cyklus	1.707 l		
nastavení PPV	100 %		
kín. energie nárazu	0.153 J		







Festo nemůže převzít záruky za škody, vzniklé díky použití nebo nepoužití tohoto software - i v případě chyb. Toto platí i tehdy, pokud byla chyba firmě Festo známa.

Pomocí tohoto programu získaná data a výsledky slouží jen k popisu výrobku a nepředstavují zaručené vlastnosti v právním smyslu.



## zadáni hodnot - systémové parametry

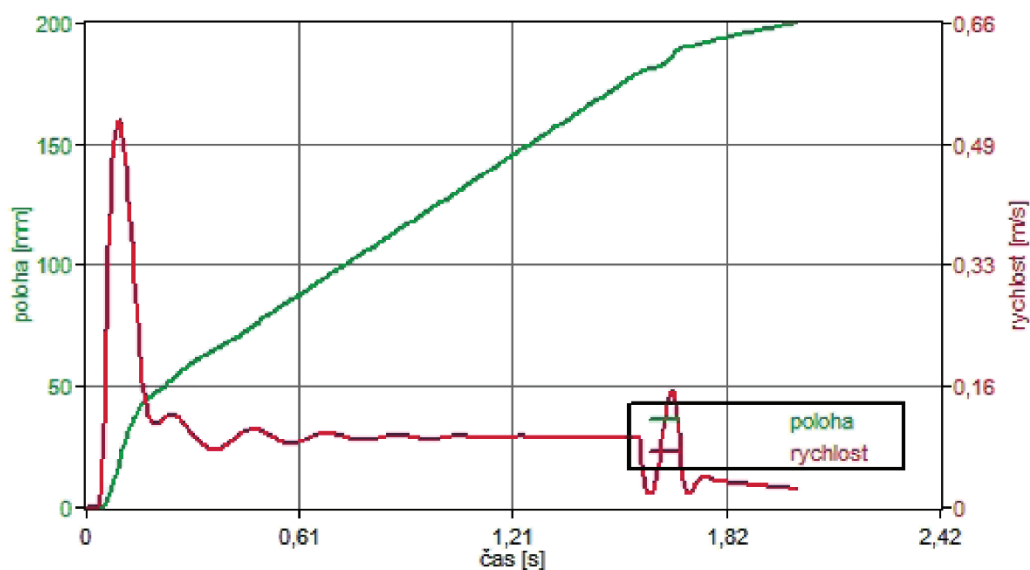
požadovaný zdvih	0.2 m	směr pohybu	vyjetí
pohybovaná hmotnost	4 kg	provozní tlak	6 bar
osový úhel montáže	-90.	radiální úhel montáže	0 deg
	0000000000002 deg		

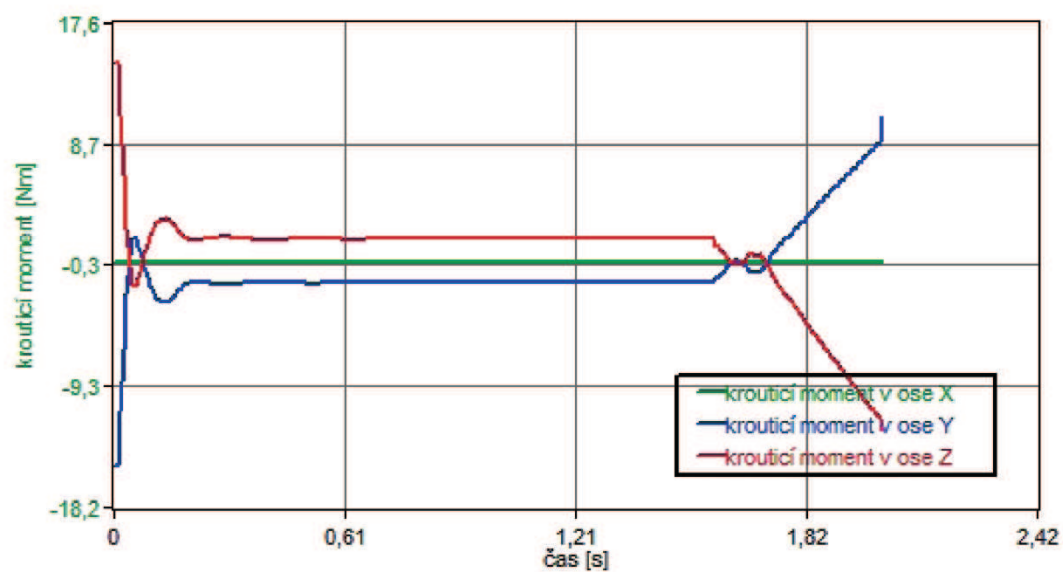
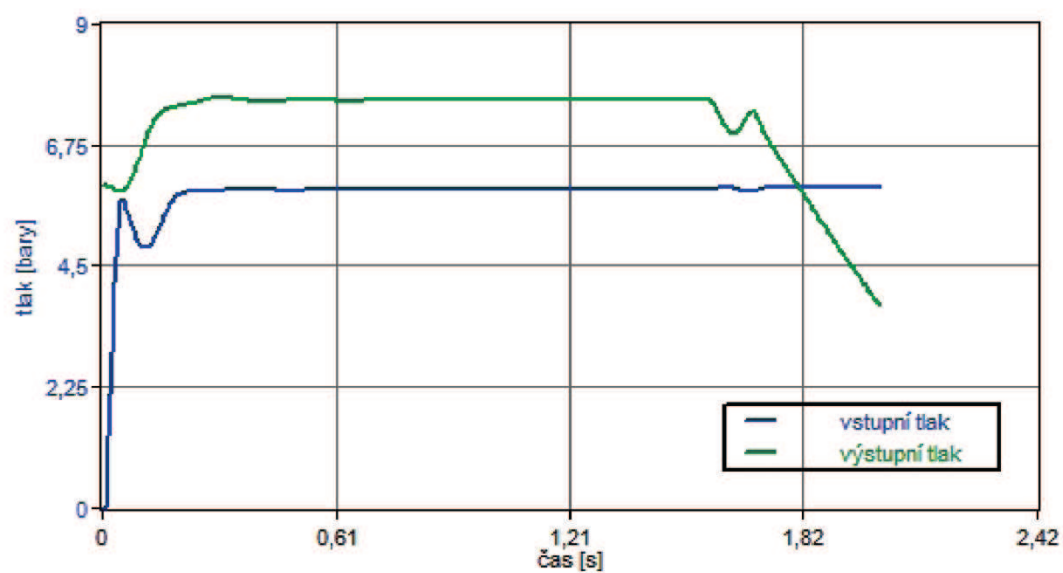
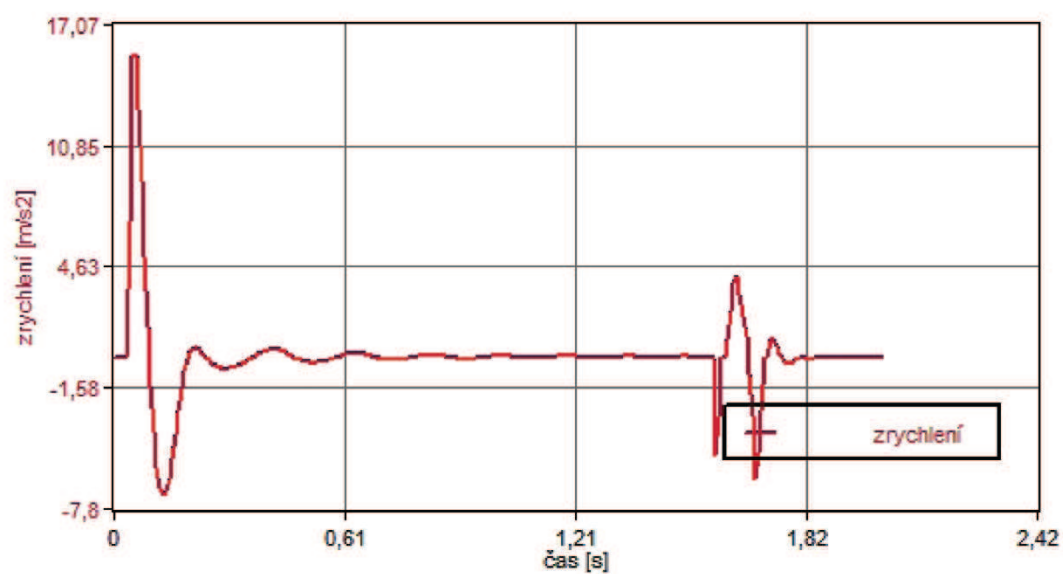
## kusovník

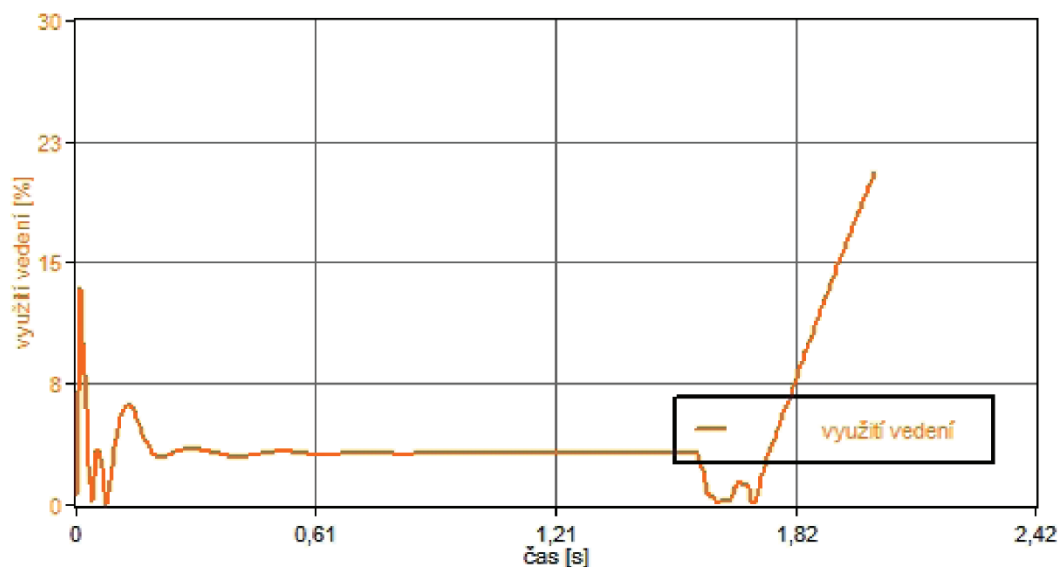
pohon	DGSL-25-200-Y3A	544054		
škrtki zpětný ventil	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	nastavení:	průtok3.6 otevření - otáčky
ventil	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
tlumič hluku	U -1/8	2307		
hadice [válec > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	2 m
šroubení1	QS-1/8-8	153004		
hadice [zdroj > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	1 m
šroubení2	QS-1/8-8	153004		

## vypočtené výsledky

celkový čas pro dosažení polohy	2.014 s	rychlost nárazu	0.025 m/s
průměrná rychlost	0.100 m/s	max. rychlost	0.530 m/s
spotřeba vzduchu na cyklus	3.102 l		
kin. energie nárazu	0.002 J		







podrobnosti upozornění k výsledkům simulace

Total energy (kinetic + potential) at shock absorber 1 (cylinder 1) is less then 25%.

Festo nemůže převzít záruky za škody, vzniklé díky použití nebo nepoužití tohoto software - i v případě chyb. Toto platí i tehdy, pokud byla chyba firmě Festo známa.

Pomocí tohoto programu získaná data a výsledky slouží jen k popisu výrobku a nepředstavují zaručené vlastnosti v právním smyslu.

## zadáni hodnot - systémové parametry

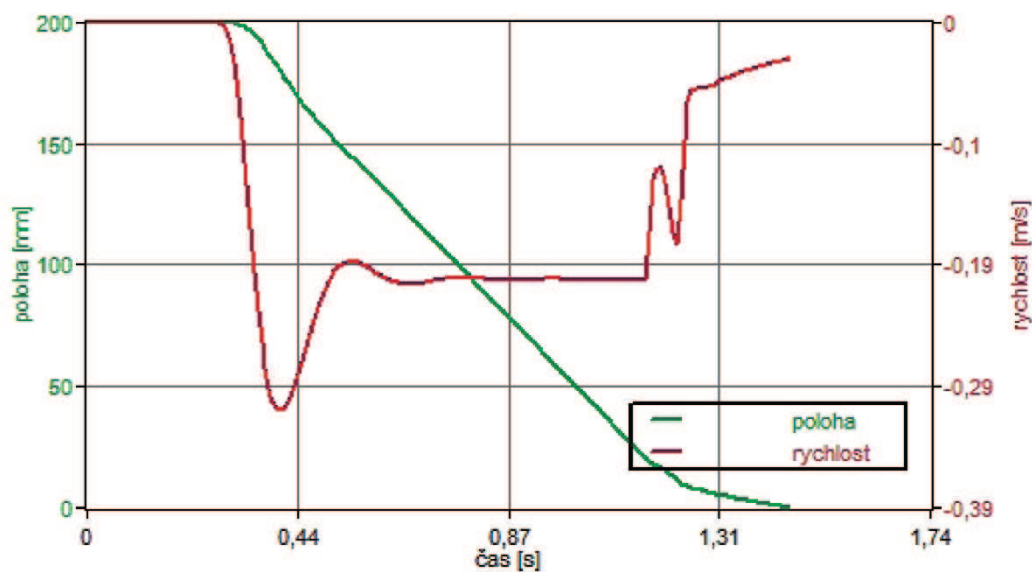
požadovaný zdvih	0.2 m	směr pohybu	zajiždět
pohybovaná hmotnost	4 kg	provozní tlak	6 bar
osový úhel montáže	-90.	radiální úhel montáže	0 deg
	0000000000002 deg		

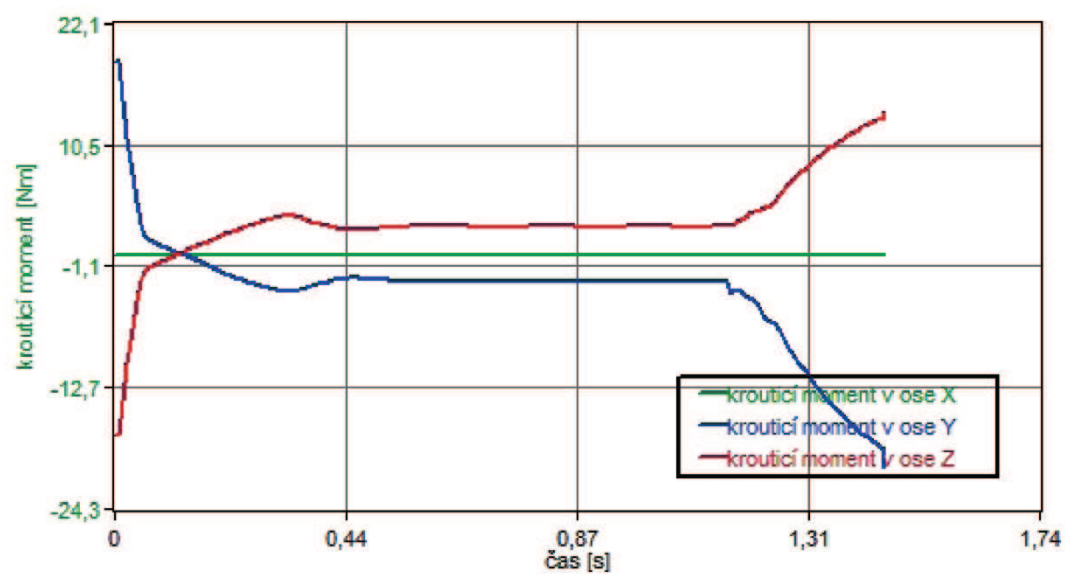
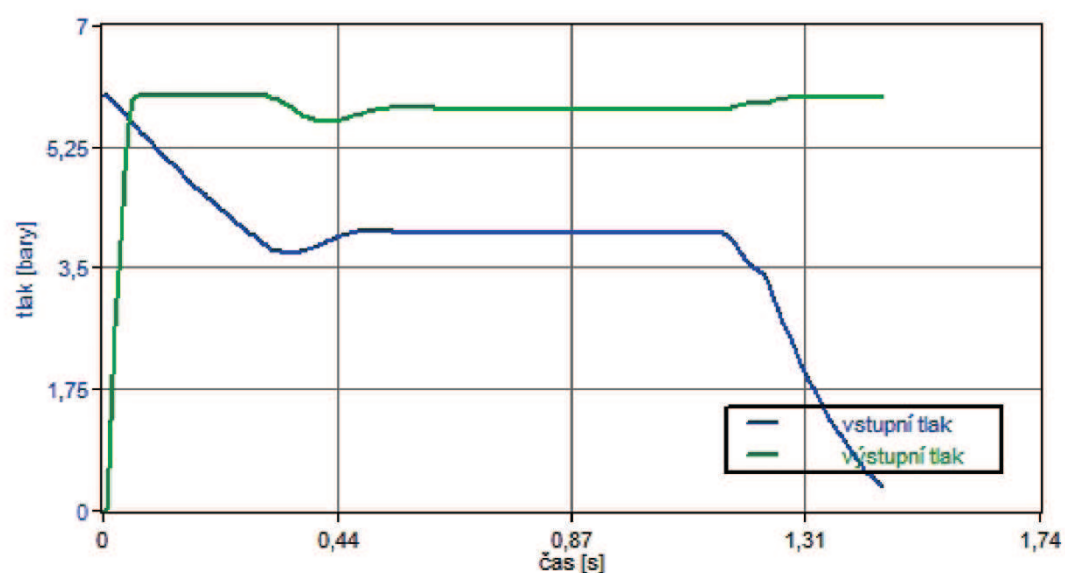
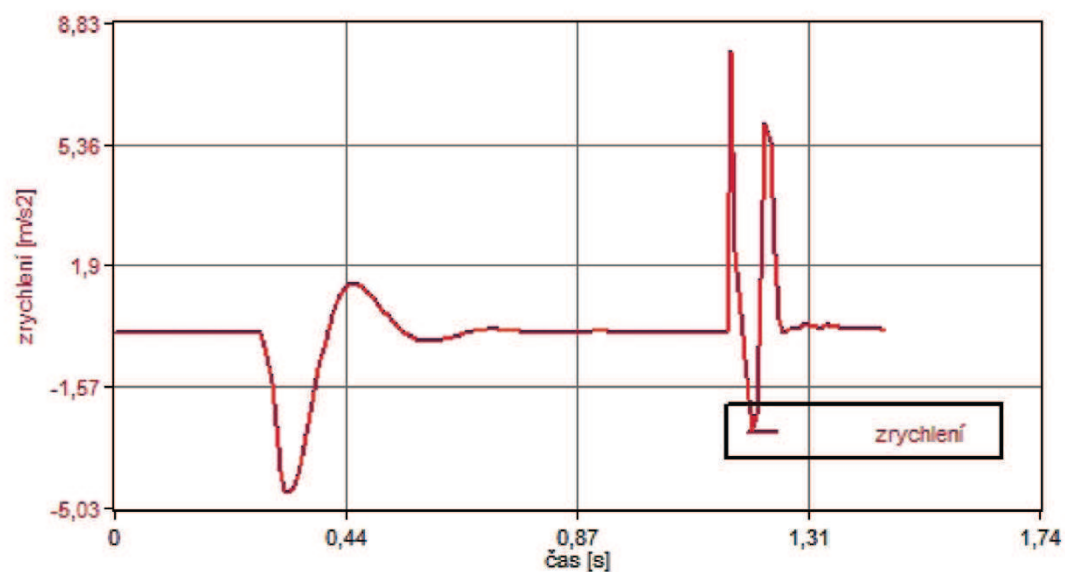
## kusovník

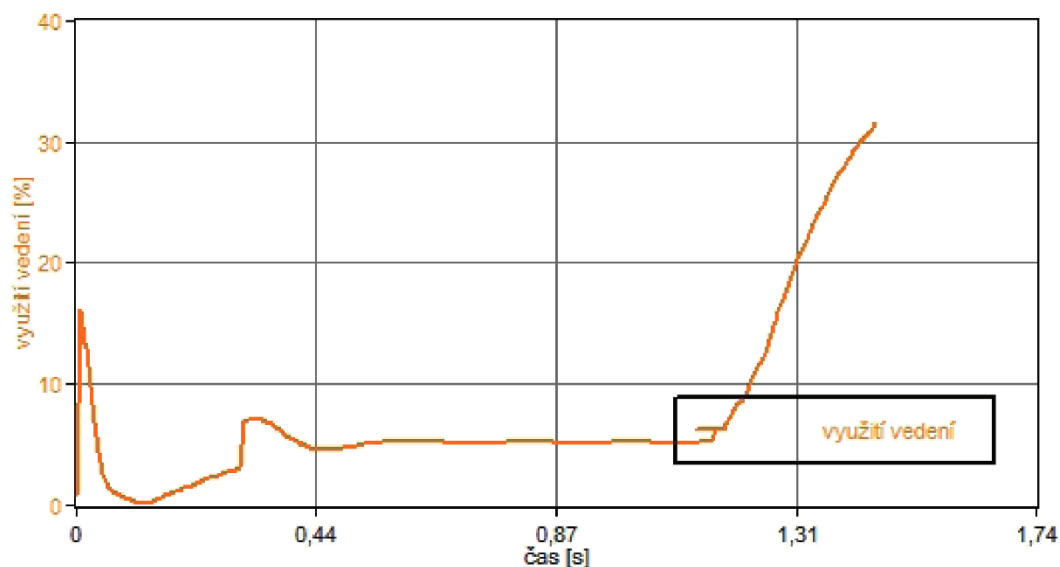
pohon	DGSL-25-200-Y3A	544054		
škrtki zpětný ventil	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	nastavení:	průtok 5.8 otevíření - otáčky
ventil	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
tlumič hluku	U -1/8	2307		
hadice [válec > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	1 m
šroubení1	QS-1/8-8	153004		
hadice [zdroj > ventil]	PUN-8x1,25-BL	159666	délka hadice	1 m
šroubení2	QS-1/8-8	153004		

## vypočtené výsledky

celkový čas pro dosažení polohy	1.449 s	rychlost nárazu	-0.028 m/s
průměrná rychlost	0.160 m/s	max. rychlost	0.310 m/s
spotřeba vzduchu na cyklus	2.796 l		
kin. energie nárazu	0.003 J		







### podrobnosti upozornění k výsledkům simulace

Total energy (kinetic + potential) at shock absorber 1 (cylinder 1) is less then 25%.

Festo nemůže převzít záruky za škody, vzniklé díky použití nebo nepoužití tohoto software - i v případě chyb. Toto platí i tehdy, pokud byla chyba firmě Festo známa.

Pomocí tohoto programu získaná data a výsledky slouží jen k popisu výrobku a nepředstavují zaručené vlastnosti v právním smyslu.